

JP09135230

PUB DATE: 1997-05-20

APPLICANT: JISEDAI DIGITAL TELEVISION HOSO SYST KENKYUSHO:KK

HAS ATTACHED HERETO CORRESPONDING ENGLISH LANGUAGE EQUIVALENT:

US5818813

PUB DATE: 1998-10-06

APPLICANT: ADVANCED DIGITAL TELEVISION BR [JP]

ORTHOGONAL FREQUENCY DIVIDING MULTIPLEX TRANSMISSION SYSTEM, TRANSMITTER AND RECEIVER USING THE SYSTEM

Publication number: JP9135230 (A)

Publication date: 1997-05-20

Inventor(s): SAITO MASANORI; IKEDA TETSUOMI +

Applicant(s): JISEDAI DIGITAL TELE HOSO SYS +

Classification:

- international: **H04J11/00; H04L27/26; H04N7/08; H04N7/081;** (IPC1-7): H04J11/00; H04N7/08; H04N7/081

- European: H04L5/00C5

Application number: JP19960068768 19960325

Priority number(s): JP19960068768 19960325; JP19950229107 19950906

Also published as:

JP2802255 (B2)

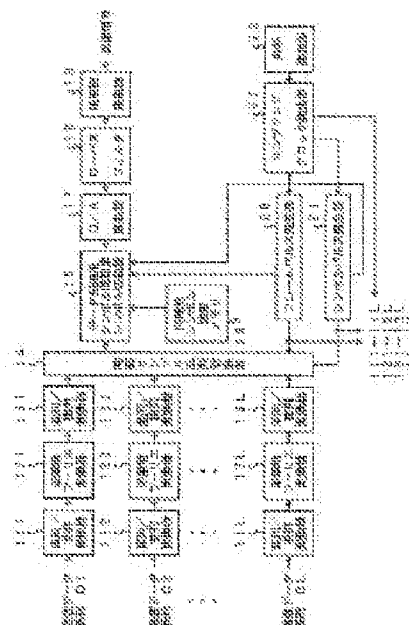
EP0762701 (A2)

EP0762701 (A3)

US5818813 (A)

Abstract of JP 9135230 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an OFDM (orthogonal frequency dividing multiplex digital modulation and demodulation processing) transmission system satisfactorily receivable regardless of a receiving form. **SOLUTION:** Corresponding to L kinds of parameter sets (a significant symbol length, a guard interval length and the number of carrier waves), data groups D1 to DL are respectively converted into parallel data by a serial/parallel transformers 111 to 11L, assigned to each carrier wave of OFDM, and subjected to a reverse discrete Fourier transform by inverse discrete Fourier transformers 121 to 12L to obtain sample values of a transmission waveform on a time axis. Then the values are converted into the serial sample value groups by parallel/ serial transformers 131 to 13L and converted into a single time sample group by a time sample group switch 14, then added with a symbol for frame synchronization, converted into to an analog base band OFDM signal and up-converted to obtain a transmission signal. At this time, the frequency band width of the OFDM signal is defined as a value smaller than a specific value specified by the band width of a usable transmission line.



Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-135230

(43) 公開日 平成9年(1997)5月20日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所	
H 0 4 J	11/00		H 0 4 J	11/00	Z
H 0 4 N	7/08		H 0 4 N	7/08	Z
	7/081				

審査請求 有 請求項の数14 O L (全 16 頁)

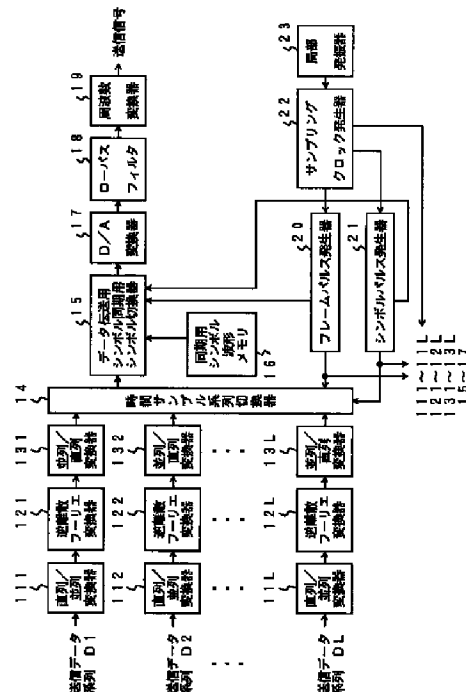
(21) 出願番号	特願平8-68768	(71) 出願人	395017298 株式会社次世代デジタルテレビジョン放送システム研究所 東京都港区赤坂5丁目2番8号
(22) 出願日	平成8年(1996)3月25日	(72) 発明者	齊藤 正典 東京都港区赤坂5丁目2番8号 株式会社次世代デジタルテレビジョン放送システム研究所内
(31) 優先権主張番号	特願平7-229107	(72) 発明者	池田 哲臣 東京都港区赤坂5丁目2番8号 株式会社次世代デジタルテレビジョン放送システム研究所内
(32) 優先日	平7(1995)9月6日	(74) 代理人	弁理士 鈴江 武彦
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

(54) 【発明の名称】 直交周波数分割多重伝送方式及びそれを用いる送信装置と受信装置

(57) 【要約】

【課題】 受信形態を問わず良好に受信可能なOFDM伝送方式を提供する。

【解決手段】 データ系列D1～DLはL種類のパラメータセット（有効シンボル長、ガードインターバル長、搬送波数）に対応し、それぞれ直列／並列変換器111～11Lで並列データに変換されてOFDMの各搬送波に割り当てられ、逆離散フーリエ変換器121～12Lにて逆離散フーリエ変換されて時間軸上の送信波形のサンプル値となり、並列／直列変換器131～13Lにより直列のサンプル値系列に変換され、時間サンプル系列切換器14で単一の時間サンプル系列に変換された後、フレーム同期用シンボルが付加され、アナログ・ベースバンドOFDM信号に変換され、アップコンバートされて送信信号となる。この際、OFDM信号の周波数帯域幅を使用可能な伝送路の帯域幅によって定まる一定値より小さな値とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 直交周波数分割多重デジタル変復調処理（以下、OFDMと称する）によりデータ伝送を行う直交周波数分割多重伝送方式において、

変調及び復調処理における標本点間の時間間隔を T 、OFDM伝送フレーム内の第 i 番目のデータ伝送用シンボルについて、有効シンボル長を $N_i T$ （ N_i は正の整数）、ガードインターバル長を $M_i T$ （ M_i は零または正の整数）、搬送波数を K_i （ K_i は正の整数）とし、1個のOFDM伝送フレーム内における N_i 、 M_i 及び K_i の取り得る値の数をそれぞれ複数個とすると共に、 $K_i / N_i T$ が、伝送路の帯域幅によって定まる一定値 W （ W は正の実数）よりも常に小さくなることを条件に、 N_i 及び K_i の値を任意に選定することを特徴とする直交周波数分割多重伝送方式。

【請求項2】 前記OFDM伝送フレームの中である特定のデータ伝送用シンボルの有効シンボル長 $N_a T$ （ N_a は正の整数）、ガードインターバル長 $M_a T$ （ M_a は零または正の整数）、搬送波数 K_a （ K_a は正の整数）を受信側で既知の値とし、該特定シンボルの各搬送波の変調方式についても受信側で既知とし、該特定シンボルが含まれるOFDM伝送フレームの、該特定シンボルを除く他のデータ伝送用シンボルの有効シンボル長、ガードインターバル長、搬送波数、各搬送波の変調方式に関する情報の少なくとも一部を該特定シンボルを用いて送信側から受信側へ伝送することを特徴とする請求項1記載の直交周波数分割多重伝送方式。

【請求項3】 互いに有効シンボル長及びガードインターバル長が同一のデータ伝送用シンボルを時間軸上で連続させ、有効シンボル長、ガードインターバル長の少なくともいずれか一方が異なるデータ伝送シンボル同士が隣り合う切換点数が最少となるような順番でデータ伝送用シンボルを送出することを特徴とする請求項1記載の直交周波数分割多重伝送方式。

【請求項4】 前記OFDM伝送フレームの複数のデータ伝送用シンボルが互いに有効シンボル長、ガードインターバル長、搬送波数、変調方式の少なくとも一つが異なり、個々のデータ伝送用シンボルが前記条件を満足することを特徴とする請求項1記載の直交周波数分割多重伝送方式。

【請求項5】 前記OFDM伝送フレームは、その中に、有効シンボル長及びガードインターバル長の長い固定受信用のデータ伝送用シンボルと、有効シンボル長及びガードインターバル長の短い移動受信用のデータ伝送用シンボルとを備えることを特徴とする請求項1記載の直交周波数分割多重伝送方式。

【請求項6】 デジタルテレビジョン放送に用いることを特徴とする請求項5記載の直交周波数分割多重伝送方式。

【請求項7】 OFDM伝送フレーム内の第 i 番目のデ

ータ伝送用シンボルの平均送信電力を P_i としたとき、前記 N_i の値に応じて P_i の値を定めて N_i の値と P_i の値を1対1に対応させ、 N_i の取り得る値の数を L 個としたとき、 P_i の取り得る値の数も L 個とすることを特徴とする請求項1記載の直交周波数分割多重伝送方式。

【請求項8】 前記 N_i の取り得る値を A_1 、 A_2 、…、 A_L とし、 A_1 、 A_2 、…、 A_L の中で最大の値を A_{\max} としたとき、 A_1 、 A_2 、…、 A_L を全て A_{\max} の約数とすることを特徴とする請求項1記載の直交周波数分割多重伝送方式。

【請求項9】 前記 M_i の取り得る値を1個とすることを特徴とする請求項1記載の直交周波数分割多重伝送方式。

【請求項10】 前記OFDM伝送フレーム内の伝送シンボルについて、搬送波周波数がある一定の時間毎に予め定められた周波数間隔で変化させることを特徴とする請求項1記載の直交周波数分割多重伝送方式。

【請求項11】 前記有効シンボル長及びガードインターバル長が短い移動受信用のデータ伝送用シンボルを1フレーム中にある一定の時間間隔で送出することを特徴とする請求項5記載の直交周波数分割多重伝送方式。

【請求項12】 前記特定のデータ伝送用シンボルを用いて、前記OFDM伝送フレーム毎に有効シンボル長、ガードインターバル長、搬送波数、変調方式を変更することを特徴とする請求項2記載の直交周波数分割多重伝送方式。

【請求項13】 各データ伝送用シンボルの変調を逆離散フーリエ変換で行う際のFFTポイント数の取り得る値の数を L としたとき、各FFTポイント数ごとに合計 L 個の逆離散フーリエ変換器を備えることを特徴とする請求項1記載の直交周波数分割多重伝送方式を用いる送信装置。

【請求項14】 各データ伝送用シンボルの復調を離散フーリエ変換で行う際のFFTポイント数の取り得る値の数を L としたとき、各FFTポイント数ごとに合計 L 個の離散フーリエ変換器を備えることを特徴とする請求項1記載の直交周波数分割多重伝送方式を用いる受信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は例えばデジタルテレビジョン放送の伝送方式に係り、特に直交周波数分割多重デジタル変復調処理（以下、OFDM（Orthogonal Frequency Division Multiplexing）と称する）によりデータ伝送を行う直交周波数分割多重伝送方式（以下、OFDM伝送方式と称する）及びそれを用いる送信装置と受信装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、テレビジョン放送サービスを

より一層充実させていくため、地上放送等でもデジタル放送化の要望が高まりつつある。特に地上デジタル放送の伝送方式にあっては、マルチパス（放送においてはゴースト）に強いOFDM伝送方式が有望視されている。

【0003】このOFDM伝送方式は、マルチキャリア変調方式の一種であり、図8に示すように、送信信号は多数（数十～数千）のデジタル変調波（搬送波1～k）を加え合わせたものである。各キャリアの変調方式としては、QPSK、16QAM、64QAM等が用いられる。

【0004】OFDM伝送方式によるデータ伝送は、図8に示す伝送シンボルを単位として行われる。各伝送シンボルは、有効シンボル期間とガードインターバルと呼ばれる期間から成る。有効シンボル期間は、データ伝送のために実質的に必要とされる信号期間である。また、ガードインターバルはマルチパスの影響を軽減するための冗長な信号期間であり、有効シンボル期間の信号波形を巡回的に繰り返したものである。

【0005】各搬送波間の周波数間隔を、有効シンボル期間の長さの逆数と等しくすると、図9(a)に示すように、各デジタル変調波の周波数スペクトルの零点は、隣接する変調波の搬送波周波数と一致し、搬送波間で相互干渉は生じない。このとき各搬送波同士は直交しているという。OFDM信号のスペクトルは、図9(b)に示すように、全体として矩形に近い形となる。有効シンボル期間の長さを t_s 、搬送波数を K とすると、各搬送波間の周波数間隔は $1/t_s$ 、伝送帯域幅は K/t_s となる。

【0006】OFDM伝送方式では、図8の伝送シンボルを数十個～数百個程度集めて1つの伝送フレームを構成する。OFDM伝送フレームの構成例を図10に示す。このOFDM伝送フレームには、データ伝送用シンボルの他にフレーム同期用シンボルが含まれる。また必要に応じてサービス識別用シンボル等が含まれる場合もある。

【0007】図11に上記OFDM伝送方式を採用した場合の送信装置A及び受信装置Bの概念的構成を示す。まず、送信装置Aにおいては、2値の送信データのある一定のビット数ごとのデータブロックに区切り、各データブロックをそれぞれ1個の複素数値に変換した状態で入力する。そして、直列並列変換器A1で各搬送波周波数ごとに1個ずつの複素数値 C_i （ $i=1\sim N$ ）を与え、逆離散フーリエ変換回路部A2で時間軸上へ逆離散フーリエ変換する。これにより、時間軸波形のサンプル値を発生し、このサンプル値系列から時間的に連続するベースバンド・アナログ信号波形を求める。ベースバンド・アナログ信号波形は周波数変換器A3で送信周波数に変換されて送信される。

【0008】逆離散フーリエ変換により発生される時間

軸上のサンプル値の個数は、通常、有効シンボル期間当たり 2^n （ n は正整数）個である。したがって、 $r_g = (\text{ガードインターバル長}) / (\text{有効シンボル長})$ と定義すると、伝送シンボル1個当たり $2^n \cdot (1 + r_g)$ 個のサンプル値が発生される。各伝送シンボルの長さは、通常、サンプル点の時間間隔の整数倍とする。

【0009】受信装置Bにおいては、受信信号を周波数変換器B1で周波数変換してベースバンド信号波形を得た後、送信側と同じサンプルレートでサンプルする。そして、このサンプル値系列を離散フーリエ変換回路部B2により周波数軸上へ離散フーリエ変換し、各搬送波周波数成分の位相と振幅を計算することにより受信データの値を求め、並列直列変換器B3により直列に変換して出力する。

【0010】ところで、テレビジョン放送の受信形態としては、固定受信、移動受信（携帯受信を含む）に大別されるが、いずれの場合でも良好な受信を可能ならしめることが重要である。しかしながら、従来のOFDM方式にあっては、データ伝送用シンボルの有効シンボル長、ガードインターバル長、搬送波数が、需要の多い固定受信を基準に決定されることになり、移動受信ではフェージングが問題となると予想される。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】以上述べたように従来のOFDM伝送方式及びそれを用いる送信装置と受信装置にあっては、データ伝送用シンボルの有効シンボル長、ガードインターバル長、搬送波数を、複数の受信形態に適するように設定することができず、需要の多い受信形態を基準に決定せざるを得なかった。

【0012】本発明の課題は、上記の問題を解決し、受信形態を問わず、いずれの場合も良好に受信可能なOFDM伝送方式を提供し、さらにはその方式を用いる送信装置と受信装置を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決する本発明のOFDM伝送方式は、OFDM標本点間の時間間隔を T 、OFDM伝送フレーム内の第 i 番目のデータ伝送用シンボルについて、有効シンボル長を $N_i T$ （ N_i は正の整数）、ガードインターバル長を $M_i T$ （ M_i は零または正の整数）、搬送波数を K_i （ K_i は正の整数）とし、1個のOFDM伝送フレーム内における N_i 、 M_i 及び K_i の取り得る値の数を複数個とすると共に、 $K_i / N_i T$ が伝送路の帯域幅によって定まる一定値 W （ W は正の実数）よりも常に小さくなることを条件に、 N_i 、 M_i 及び K_i の値を任意に選定することの特徴とする。

【0014】すなわち、本発明に係るOFDM伝送方式では、1つのOFDM伝送フレームの中で、データ伝送用シンボルの有効シンボル長及びガードインターバル長として2種類以上の値を使用し、各シンボル長をOFDM

Mのデジタル信号処理の基本単位であるサンプリング周期の整数倍とし、さらに当該OFDM伝送信号の周波数帯域幅を使用可能な伝送路の帯域幅によって定まる一定値より小さな値とする。

【0015】その結果、異なる有効シンボル長及びガードインターバル長を持つ複数のデータ伝送用シンボルを1つの伝送チャンネルの中に多重してもキャリア間の相互干渉は生じなくなる。したがって、本発明のOFDM伝送方式を用いることで、周波数利用効率を低下させることなく、キャリア間に相互干渉を発生させずに、1つの放送チャンネルの中で種々の伝送条件に対応することが可能となる。

【0016】特に、1つの放送チャンネルの中で、周波数利用効率を低下させることなく、固定受信に適したOFDM伝送シンボルと移動受信に適したOFDM伝送シンボルを同時に送ることができるようになる。

【0017】

【発明の実施の形態】まず、本願発明の着想点について説明する。1つの放送チャンネルの中で、固定受信に適したOFDM伝送シンボルと移動受信に適したOFDM伝送シンボルを送る技術としては、図12に示すように、周波数軸上でOFDM信号を2つの周波数ブロックに分割し、ブロック間でキャリア間干渉が起きないように周波数ブロック間にガードバンドを設け、各周波数ブロックでシンボル長とガードインターバル長を異なる値とし、2つの周波数ブロックをそれぞれ固定受信用、移動受信用とする方法が考えられる。

【0018】しかしながら、上記のように複数の周波数ブロックに分割する方法では、OFDMの有効シンボル長とキャリア周波数間隔が各周波数ブロックで異なるので、周波数ブロック間でキャリア同士の直交性を保つことができない。このため、周波数ブロック間のキャリア同士の相互干渉を防ぐために、周波数ブロック間にかなりの幅のガードバンドを設けなければならない。よって、このガードバンドの分だけ周波数利用効率が低下し、1つの放送チャンネルの中で伝送可能なビットレートが減少してしまうという欠点がある。

【0019】そこで、本発明では、ガードバンドを設けなくてもキャリア同士の相互干渉が発生しないようにし、これによって周波数利用効率を低下させることなく、1つの放送チャンネルの中で固定受信に適したデータ伝送用シンボルと移動受信に適したデータ伝送用シンボルを送れるようにする。

【0020】ここで、OFDM伝送方式において、復調器における離散フーリエ変換では、各データ伝送用シンボル期間内に有効シンボル期間と同じ長さのFFTウィンドウを設定し、FFTウィンドウ内に含まれる2ⁿ個のサンプル点を周波数軸上へ離散フーリエ変換する。

【0021】この場合、FFTウィンドウを各伝送シンボルの最も後寄りに設定すると、マルチパス（テレビジ

ョン放送においてはゴースト信号）の遅延時間がガードインターバルの長さより短ければ、復調器のFFTウィンドウの中に、隣接するシンボルのゴーストが侵入することはないので、マルチパスによる特性劣化はシングルキャリア方式と比べてはるかに小さくすることができると。したがって、一般にガードインターバルを長くするほど遅延時間のより長いゴーストに対応することが可能となり、マルチパスに強い伝送特性が得られる。

【0022】次に、固定受信、移動受信それぞれの受信形態に適したOFDMのシンボル長、ガードインターバル長の関係について説明する。一般に、OFDMの固定受信においてはマルチパスの影響を軽減することが重要な技術的課題であり、前述のように、ゴーストに強い伝送特性を得るためにはガードインターバルを長くした方が有利である。

【0023】但し、長いガードインターバルを付加すると、全シンボル長に占めるガードインターバル長の割合だけ伝送容量（ビットレート）が低下するので、ガードインターバルを長くしてもビットレートが低下しないようにするためには、ガードインターバル長と同じ割合で有効シンボル長も長くする必要があり、結局、全シンボル長を長くする必要がある。

【0024】一方、移動受信においては、フェージングによって伝送路特性が時間と共に変化するため、OFDMのシンボル長を長くしすぎると、1回の伝送シンボル期間の中でも伝送路特性が無視できないほど変化し、ビット誤り率が大きくなる。すなわち、移動受信時のフェージングに対しては、ガードインターバル及びシンボル長を長くすることは、不利な方向へ作用する。尚、携帯受信の場合は、固定受信と移動受信の間の中間的な特性を示すと考えられる。

【0025】このように、OFDM伝送方式を用いる場合、ガードインターバル長や有効シンボル長などの伝送パラメータを設定するにあたっては、当該放送システムで想定される受信形態によって最適なパラメータ値が異なるため、ある1種類のパラメータセットで固定受信と移動受信の両方に対応することは極めて困難であることがわかる。したがって、ある1つの放送チャンネルの中で固定受信用と移動受信用の両方の情報を送りたい場合には、本発明によるOFDM伝送方式を用いることが必要となる。

【0026】以下、図1及び図2を参照して本発明のOFDM伝送方式を採用した送信装置、受信装置の実施形態について詳細に説明する。図1は、本発明の実施形態における送信装置の構成を示すブロック回路図である。この送信装置は、直列／並列変換器111～11Lと、逆離散フーリエ変換器121～12Lと、並列／直列変換器131～13Lと、時間サンプル系列切替器14と、データ伝送用シンボル・同期用シンボル切替器15と、同期用シンボル波形メモリ16と、D/A変換器1

7と、ローパスフィルタ18と、周波数変換器19と、フレームパルス発生器20と、シンボルパルス発生器21と、サンプリングクロック発生器22と、局部発振器23とを備える。

【0027】上記構成による送信装置において、送信データとなるL個のデータ系列D1～DLは、それぞれL個の直列／並列変換器111～11Lに入力される。L個の送信データ系列D1～DLは、L種類のパラメータセット（有効シンボル長、ガードインターバル長、搬送波数）に対応する。

【0028】上記直列／並列変換器111～11Lは直列データを並列データに変換し、OFDMの各搬送波に割り当てる。逆離散フーリエ変換器121～12Lは、各搬送波に割り当てられた送信データから当該シンボル期間における各搬送波の位相と振幅を決定し、その位相と振幅を周波数軸上の複素数データと見なして逆離散フーリエ変換を行い、時間軸上の送信波形のサンプル値を出力する。並列／直列変換器131～13Lは、各シンボルごとに並列に出力される時間サンプル値を直列のサンプル値系列に変換する。

【0029】一方、サンプリングクロック発生器22は、局部発振器23から出力される原振周波数信号を元にサンプリングクロックを発生する。フレームパルス発生器20及びシンボルパルス発生器21は、サンプリングクロックからそれぞれフレームパルスとシンボルパルスを発生する。サンプリングクロック、フレームパルス、シンボルパルスは送信装置の各部へ供給されてタイミング生成に利用される。

【0030】時間サンプル系列切替器14は、フレームパルスとシンボルパルスを用いて、L種類の時間サンプル系列を選択的に切り換えて、単一の時間サンプル系列に変換して出力する。同期用シンボル波形メモリ16は、フレーム同期用シンボル波形のサンプル値を出力する。データ伝送用シンボル・同期用シンボル切替器15は、時間サンプル系列切替器14から出力されるデータ伝送用シンボルの時間サンプル系列と同期用シンボル波形メモリ16から出力されるフレーム同期用シンボルの波形サンプル値系列を切り換えることで、ベースバンドOFDM信号の時間サンプル値系列に変換して出力する。

【0031】D/A変換器17は時間サンプル値系列をアナログ信号に変換し、ローパスフィルタ18はアナログ信号の高域成分を取り除いてアナログ・ベースバンドOFDM信号を出力する。周波数変換器19はベースバンドOFDM信号を中間周波数または無線周波数へアップコンバートし、送信信号として出力する。

【0032】図2は、本発明の実施形態における受信装置の構成を示すブロック回路図である。この受信装置は、帯域通過フィルタ31と、周波数変換器32と、同期用シンボル波形メモリ33と、同期用シンボル位置検

出器34と、発振周波数制御信号発生器35と、局部発振器36と、サンプリングクロック発生器37と、フレームパルス発生器38と、シンボルパルス発生器39と、A/D変換器40と、直列／並列変換器411～41Lと、離散フーリエ変換器421～42Lと、復調・並列／直列変換器431～43Lとを備える。

【0033】上記構成による受信装置において、帯域通過フィルタ31は受信信号の帯域外成分を除去し、周波数変換器32は中間周波数または無線周波数のOFDM信号をベースバンドへダウンコンバートする。A/D変換器40は、ベースバンドOFDM信号を標準化してデジタルのサンプル値系列に変換する。その出力は直列／並列変換器411～41Lに供給されると共に同期用シンボル位置検出器34にも供給される。

【0034】同期用シンボル位置検出器34は、ベースバンドOFDM信号のサンプル値系列と、同期用シンボル波形メモリ33に記憶されている同期用シンボル波形のサンプル値系列との相互相関値を計算してフレーム先頭位置を検出すると共に、伝送シンボルの切替位置、FFTウィンドウ位置を決定する。

【0035】発振周波数制御信号発生器35は、同期用シンボル位置検出器34で検出されるフレーム周期を元に、局部発振器36の発振周波数を制御するための信号を発生する。尚、フレーム周期を用いた局部発振周波数の制御方式については、特願平6-138386「クロック周波数自動制御方式及びそれに用いる送信装置と受信装置」にその詳細が記載されている。

【0036】サンプリングクロック発生器37は、局部発振器36から出力される原振周波数信号を元にサンプリングクロックを発生する。フレームパルス発生器38及びシンボルパルス発生器39は、同期用シンボル位置検出器34から出力されるフレーム先頭位置情報とサンプリングクロックを元に、それぞれフレームパルスとシンボルパルスを発生する。サンプリングクロック、フレームパルス、シンボルパルスはそれぞれ受信装置の各部に供給され、種々のタイミング発生に利用される。

【0037】直列／並列変換器411～41Lは、ベースバンド・サンプル値系列を並列データに変換して離散フーリエ変換器421～42Lへ供給する。離散フーリエ変換器421～42Lは、時間軸上のサンプル値を各搬送波周波数ごとのスペクトルに変換する。復調・並列／直列変換器431～43Lは、周波数スペクトルの値から各搬送波の位相と振幅を推定し、その位相と振幅の値から受信データの値を求め、さらに直列の受信データ系列D1～DLに変換して出力する。L個の受信データ系列D1～DLはL種類のパラメータセットに対応する。

【0038】上記のシステム構成において、逆離散フーリエ変換器12i（iは1～L）及び離散フーリエ変換器42i（iは1～L）では、サンプリングクロック間

隔を T 、フレーム内の有効シンボル長を $N_i T$ (N_i は正の整数)、ガードインターバル長を $M_i T$ (M_i は零または正の整数)、搬送波数を K_i (K_i は正の整数) とするとき、 $K_i / N_i T$ が伝送路の帯域幅によって定まる一定値 W (W は正の実数) よりも常に小さくなることを条件に、 N_i 、 M_i 及び K_i の値を任意に選定する。

【0039】また、時間サンプル系列切替器14では、互いに有効シンボル長及びガードインターバル長が同一のデータ伝送用シンボルを時間軸上で連続させ、有効シンボル長、ガードインターバル長の少なくともいずれか一方が異なるデータ伝送用シンボル同士が隣り合う切替点数が最少となるような順番でデータ伝送用シンボルを切り換える。

【0040】すなわち、データ系列 $D_1 \sim D_L$ にそれぞれ対応する伝送シンボルを送る順序については、様々な伝送順が考えられるが、ある1個のデータ系列(ある1個のパラメータセット)に対応するデータ伝送用シンボルは、時間軸上で連続した順番で伝送する方法が最も基本的である。この場合、異なるパラメータセットを持つ伝送シンボル同士が隣り合う切替点の数は最少となる。図3にそのフレーム構成例を示す。

【0041】具体例として、 $L=2$ とし、送信データ系列 D_1 を固定受信用、送信データ系列 D_2 を移動受信用とした場合、逆離散フーリエ変換器121、122のパラメータセットをそれぞれ固定受信用、移動受信用に設定すれば、いずれの受信形態でも良好な受信が可能となる。

【0042】したがって、本発明のOFDM伝送方式を用いれば、ガードバンドを設けなくてもキャリア間に相互干渉が発生しなくなるので、周波数利用効率を低下させることなく、1個の放送チャンネルで種々の伝送条件に対応することが可能となり、特に、1個の放送チャンネルの中で、固定受信に適したOFDM伝送シンボルと移動受信に適したOFDM伝送シンボルを、周波数利用効率を低下させずに送ることができる。

【0043】尚、図1の構成では、 L 種類のパラメータセットに対して L 個の逆離散フーリエ変換器121～12Lを用いているが、複数種類のFFTポイント数に対応可能な逆離散フーリエ変換器を用いることにより、1個で L 種類のシンボル長に対応することも可能である。

【0044】また、OFDMの各搬送波の変調方式は、逆離散フーリエ変換器121～12Lにおいて、周波数軸上の複素数値として各搬送波に割り当てられる位相値と振幅値の種類によって定まるが、異なるパラメータセットに対応する送信データ系列 $D_1 \sim D_L$ ごとに、例えば遅延検波QPSK、同期検波16QAM、同期検波64QAM等、異なる変調方式を用いることも可能である。

【0045】一方、図2の構成では、 L 種類のパラメー

タセットに対して L 個の離散フーリエ変換器421～42Lを用いているが、複数のFFTポイント数に対応可能な離散フーリエ変換器を用いることにより、1個で L 種類のパラメータセットに対応することも可能である。

【0046】また、 L 個のデータ系列 $D_1 \sim D_L$ の内、例えばデータ系列 D_1 及びそれに対応する伝送シンボルを用いて、データ系列 $D_2 \sim D_L$ に対応する伝送シンボルの有効シンボル長、ガードインターバル長、搬送波数、各搬送波の変調方式に関する情報を送信側から受信側へ送ることも可能である。

【0047】一般的に表現すれば、OFDM伝送フレームの中である特定のデータ伝送用シンボルの有効シンボル長 $N_a T$ (N_a は正の整数)、ガードインターバル長 $M_a T$ (M_a は零または正の整数)、搬送波数 K_a (K_a は正の整数) を受信側で既知の値とし、該特定シンボルの各搬送波の変調方式についても受信側で既知とし、該特定シンボルが含まれるOFDM伝送フレームの、該特定シンボルを除く他のデータ伝送用シンボルの有効シンボル長、ガードインターバル長、搬送波数、各搬送波の変調方式に関する情報の少なくとも一部を該特定シンボルを用いて送信側から受信側へ伝送することで、データ伝送用シンボルのパラメータセットを変更可能とすることができる。

【0048】ところで、上記実施形態において、OFDM伝送フレーム内の第 i 番目のデータ伝送用シンボルの平均送信電力が P_i であるとき、図4に示すように、フレーム内の有効シンボル長を規定する N_i の値に応じて P_i の値を定め、 N_i の値と P_i の値を1対1に対応させる。ここで、 N_i の取り得る値の数を L 個としたとき、 P_i の取り得る値の数も L 個とし、各データ伝送用シンボルの有効シンボル長 $N_i T$ に応じて平均送信電力の値 P_i を変える。

【0049】この手法を用いて、例えば、各伝送フレーム内の固定受信用階層と移動受信用階層で平均送信電力を異なる値とすることにより、固定受信用階層と移動受信用階層で異なるサービスエリアを設定することが可能となる。

【0050】また、上記実施形態において、 N_i の取り得る値を A_1 、 A_2 、…、 A_L とし、 A_1 、 A_2 、…、 A_L の中で最大の値を A_{\max} としたとき、 A_1 、 A_2 、…、 A_L を全て A_{\max} の約数とする。すなわち、有効シンボル長 $N_i T$ の取り得る値を $A_1 T$ 、 $A_2 T$ 、…、 $A_L T$ とし、 $A_1 T$ 、 $A_2 T$ 、…、 $A_L T$ の中で最大の値を $A_{\max} T$ としたとき、 $A_1 T$ 、 $A_2 T$ 、…、 $A_L T$ を全て $A_{\max} T$ の約数とする。

【0051】この場合、各データ伝送用シンボルで用いられる搬送波周波数の一部を、全てのデータ伝送用シンボルで共通に用いることが可能となる。したがって、これらの搬送波を用いれば、例えば同期検波用の位相情報や制御情報等を送ることができるようになる。

【0052】また、上記実施形態において、ガードインターバル長を規定する M_i の取り得る値を1個とする。すなわち、データ伝送用シンボルの有効シンボル長 $N_i T$ としては複数の値を使用し、ガードインターバル長 $M_i T$ の値は1種類とする。この場合、例えば各伝送フレーム内の固定受信用階層と移動受信用階層で、マルチパスによるシンボル間干渉に対する特性を同じにすることができる。

【0053】また、OFDM伝送フレーム内の伝送シンボルにおいて、搬送波周波数をある一定の時間毎に予め定められた周波数間隔で変化させる。すなわち、搬送波数の少ない伝送シンボル（移動受信用シンボル）の搬送波を、搬送波数の多い伝送シンボル（固定受信用シンボル）の搬送波周波数間隔もしくはその整数倍の周波数で変化させる。

【0054】この構成によれば、移動受信用シンボルの搬送波を用いて、例えば固定受信用シンボルの同期検波用の位相情報や伝送路等化用の情報を送ることができる。具体的には、RF帯で周波数をシフトする場合と、ベースバンドで周波数をシフトする場合が考えられる。図5に前者の場合の構成例を示し、図6に後者の場合の搬送波周波数の配置例を示す。尚、図5において、それぞれ図1、図2と同一部分には同一符号を付して示す。

【0055】（1）RF帯で周波数をシフトする場合
図5（a）は送信装置側の構成を示している。周波数可変局部発振器24は、図1のフレームパルス発生器20とシンボルパルス発生器21からのフレームパルスとシンボルパルスを用いて、伝送シンボルに応じて発振周波数を切り替える。この切り替えた発振周波数で図1の周波数変換器19を駆動することにより、時系列で周波数がシフトした信号を発生させることができる。

【0056】図5（b）は受信装置側の構成を示している。周波数可変局部発振器44は、図2のフレームパルス発生器38とシンボルパルス発生器39からのフレームパルスとシンボルパルスを用いて、伝送シンボルに応じて発振周波数を切り替える。この切り替えた発振周波数で図2の周波数変換器32を駆動することにより、中間周波数または無線周波数のOFDM信号をベースバンドへダウンコンバートする。

【0057】（2）ベースバンドで周波数をシフトする場合

図6（a）は移動受信用シンボルの搬送波周波数の配置例を示し、図6（b）は固定受信用シンボルの搬送波周波数の配置例（ $m=10$ 、 $n=40$ の場合）を示している。

【0058】まず、移動受信用シンボルにおいては、移動受信用シンボルの搬送波数を m 本、固定受信用シンボルの搬送波数を n 本とした場合、移動用、固定用共に n ポイントの逆離散フーリエ変換器を用いる。

【0059】ここで、逆離散フーリエ変換器の周波数ス

ロット番号を1から n とし、時系列を1、2、3、…として、時系列1ではスロット番号1から (m/n) 本おきに逆離散フーリエ変換器にデータをセットする。次に、時系列2ではスロット番号2から (m/n) 本おきにデータをセットする。以下同様に、最初のスロット番号をシフトしながら、離散フーリエ変換器にデータをセットする。これにより、図6（a）に示すように、時系列で周波数がシフトした信号を発生させることができる。

【0060】一方、固定受信用シンボルの場合は、図6（b）に示すように n ポイント全てにデータをセットし、逆離散フーリエ変換を行えばよい。復調器側も同様に、 n ポイントの離散フーリエ変換器を用いる。この場合、移動受信用シンボルを復調する際に、時系列で周波数がシフトする信号の必要なスロットのみを選択することにより、確実に情報を抽出することができる。

【0061】また、上記実施形態において、図7に示すように、有効シンボル長及びガードインターバル長が比較的短い移動受信用のデータ伝送用シンボルを、1フレーム内である一定の時間間隔で送出する。この場合、移動受信時に発生するフェージングに対し、時間軸インターリーブの効果を持たせることができる。このため、バースト状に発生する誤りを軽減することができ、しかもインターリーブに必要なメモリー量を削減することができる。

【0062】また、上記実施形態において、特定のデータ伝送用シンボルを用いて、OFDM伝送フレーム毎に有効シンボル長、ガードインターバル長、搬送波数、変調方式等の伝送パラメータを変更し、伝送する情報量をフレーム単位で変化させることにより、伝送する情報量が時間で変動するATM通信や、可変長符号を用いる情報源符号化装置に利用できるようになる。その他、本発明は上記の実施形態に限定されず、種々変形可能であることはいうまでもない。

【0063】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、受信形態を問わず、いずれも場合も良好に受信可能なOFDM伝送方式を提供し、さらにはその方式を用いる送信装置と受信装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のOFDM伝送方式を用いた送信装置の一実施形態の構成を示すブロック回路図。

【図2】 本発明のOFDM伝送方式を用いた受信装置の一実施形態の構成を示すブロック回路図。

【図3】 本発明のOFDM伝送方式の伝送フレームの構成例を示す図。

【図4】 本発明の他の実施形態を説明するために、OFDM伝送フレーム内の有効シンボル長と平均送信電力との関係を示す図。

【図5】 本発明の他の実施形態として、搬送波周波数

をある一定の時間毎に予め定められた周波数間隔で変化させるための構成を示すもので、(a)は送信装置側、(b)は受信装置側の構成を示すブロック回路図。

【図6】 本発明の他の実施形態として、搬送波周波数をある一定の時間毎に予め定められた周波数間隔で変化させるために、ベースバンドで周波数をシフトする場合の搬送波周波数の配置例を示すもので、(a)は移動受信用シンボルの場合、(b)は固定受信用シンボルの場合の配置例を示す図。

【図7】 本発明の他の実施形態として、1フレーム内である一定の時間間隔で有効シンボル長及びガードインターバル長が比較的短い移動受信用のデータ伝送用シンボルを送出する様子を示す図。

【図8】 OFDM伝送方式の送信信号波形と伝送シンボルを示す図。

【図9】 OFDM伝送方式の周波数スペクトルを示す図。

【図10】 OFDM伝送方式の伝送フレームの構成例を示す図。

【図11】 従来のOFDM伝送方式を用いた送信装置及び受信装置の概念的構成を示すブロック回路図。

【図12】 1個の放送チャンネルの中に固定受信用周波数ブロックと移動受信用周波数ブロックを設ける場合の周波数スペクトルの例を示す図。

【符号の説明】

111～11L…直列／並列変換器

121～12L…逆離散フーリエ変換器

*

* 131～13L…並列／直列変換器

14…時間サンプル系列切換器

15…データ伝送用シンボル・同期用シンボル切換器

16…同期用シンボル波形メモリ

17…D/A変換器

18…ローパスフィルタ

19…周波数変換器

20…フレームパルス発生器

21…シンボルパルス発生器

22…サンプリングクロック発生器

23…局部発振器

24…周波数可変局部発振器

31…帯域通過フィルタ

32…周波数変換器

33…同期用シンボル波形メモリ

34…同期用シンボル位置検出器

35…発振周波数制御信号発生器

36…局部発振器

37…サンプリングクロック発生器

38…フレームパルス発生器

39…シンボルパルス発生器

40…A/D変換器

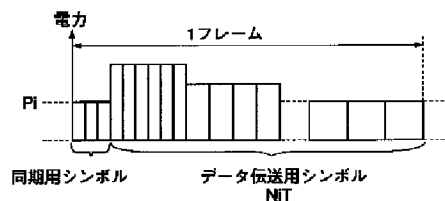
411～41L…直列／並列変換器

421～42L…離散フーリエ変換器

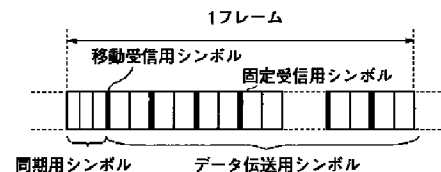
431～43L…復調・並列／直列変換器

44…周波数可変局部発振器

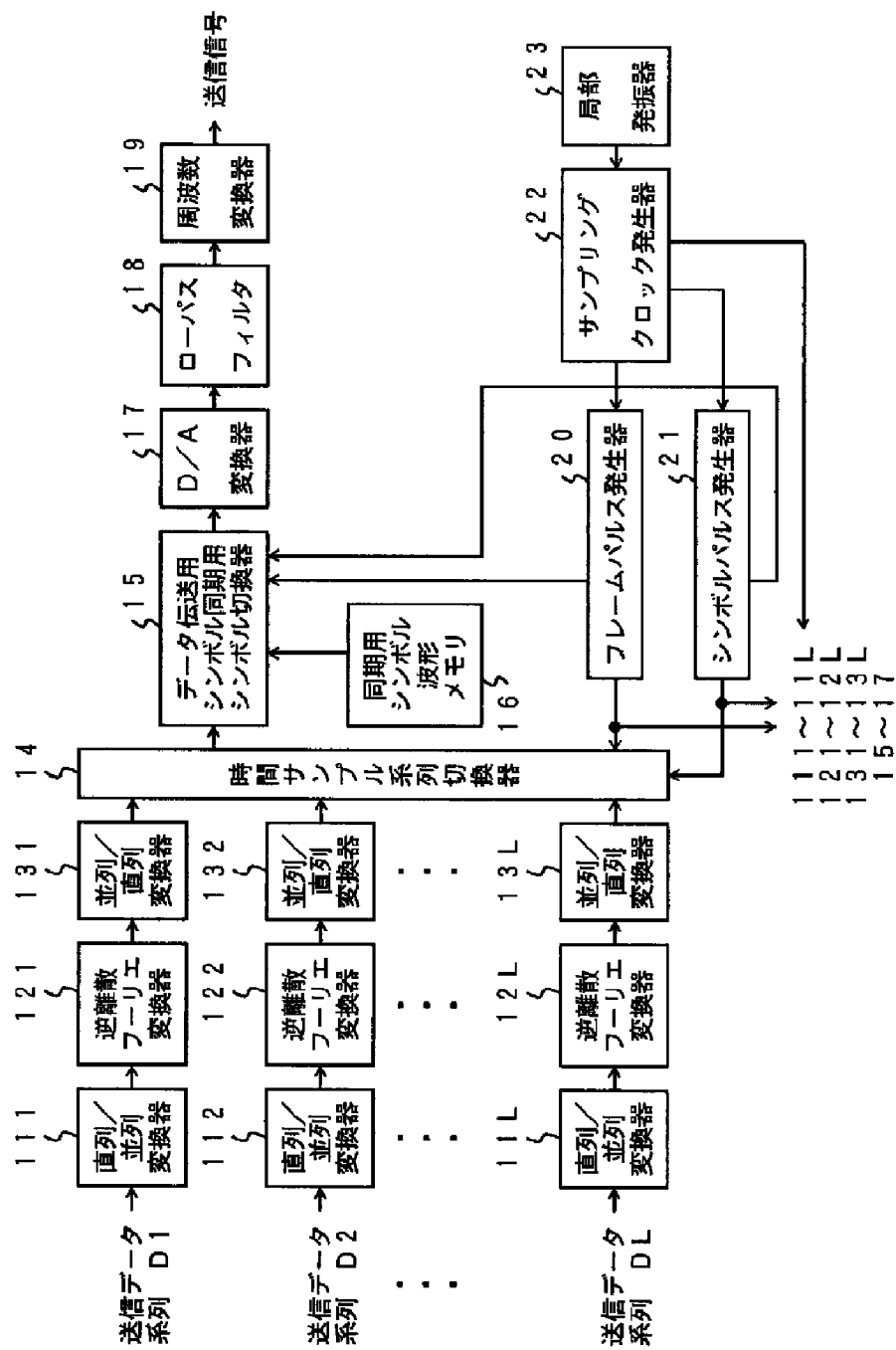
【図4】



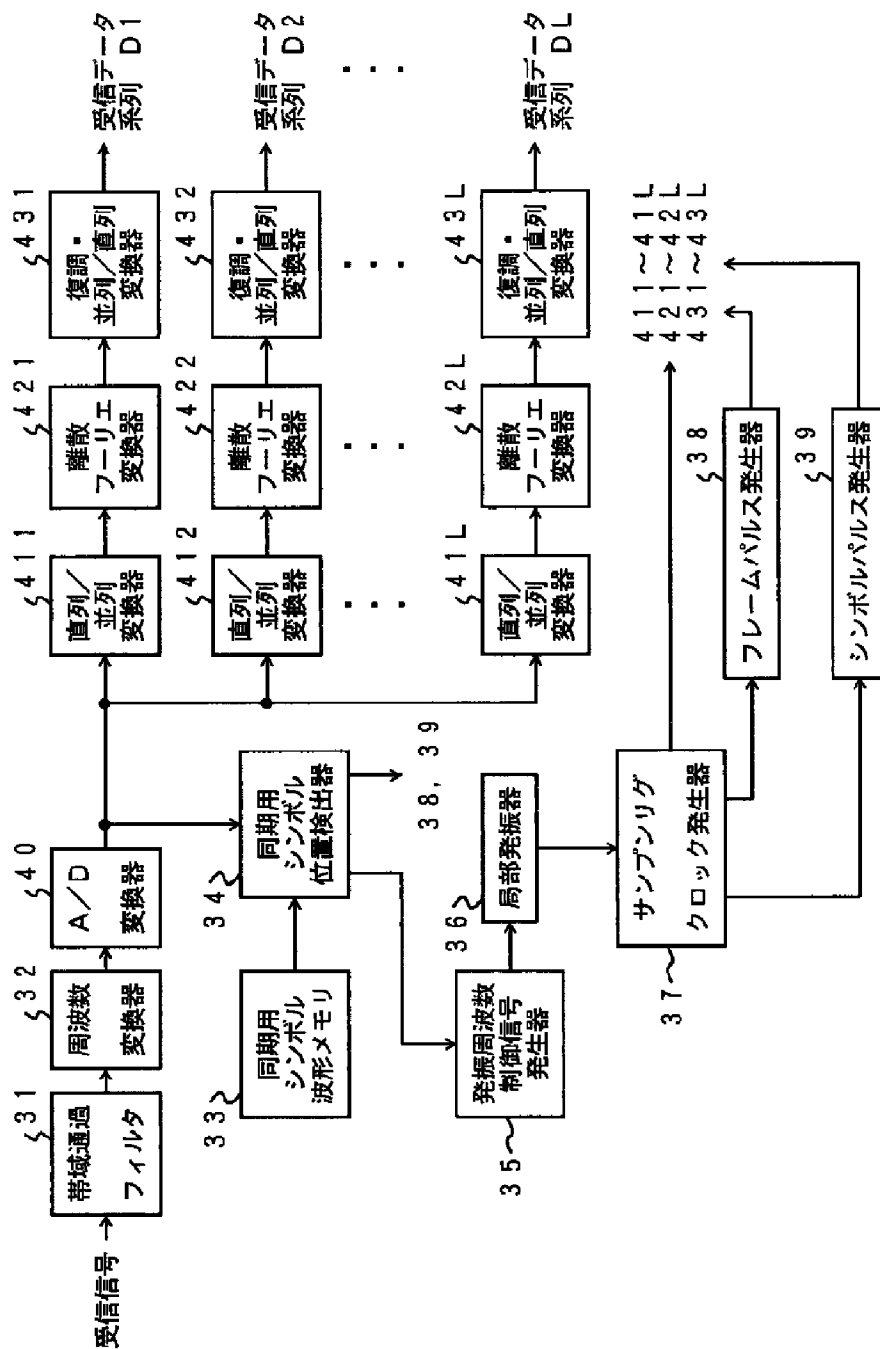
【図7】



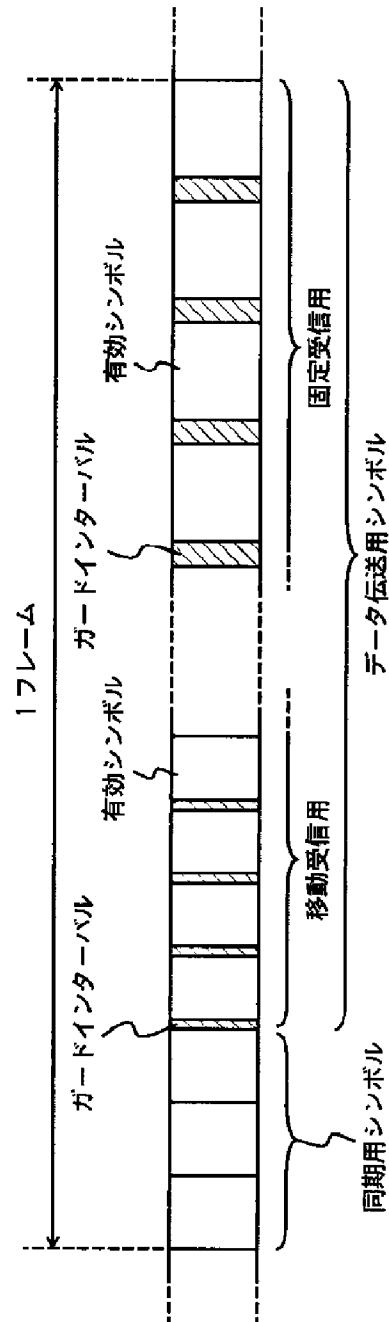
【図1】



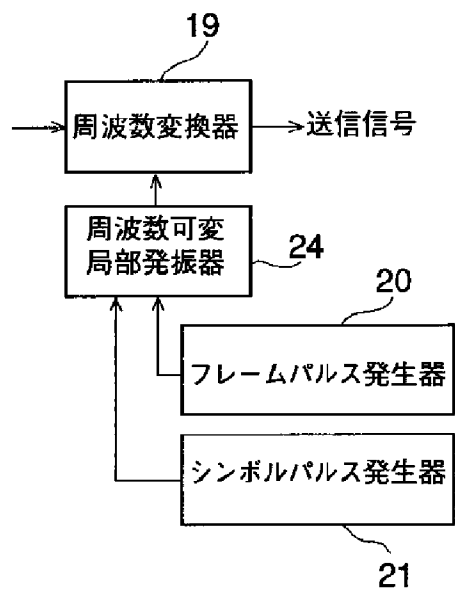
【図2】



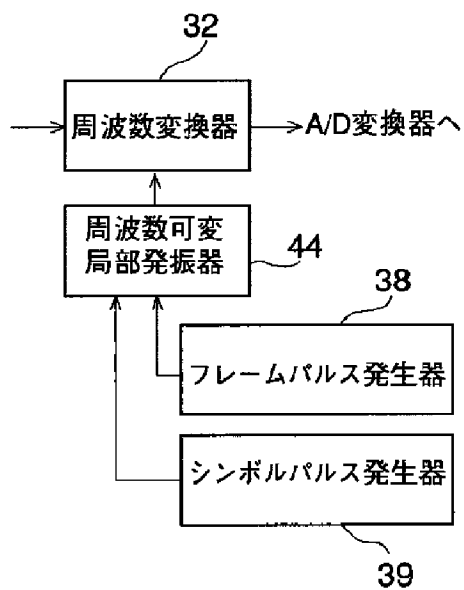
【図3】



【図5】

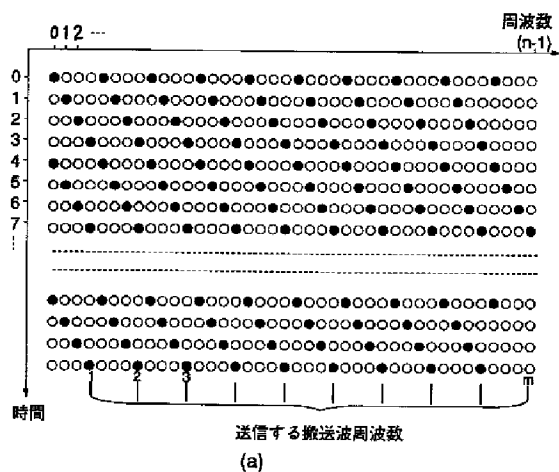


(a)

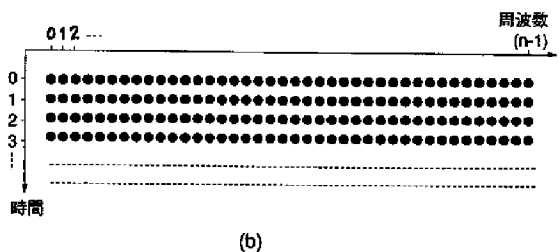


(b)

【図6】

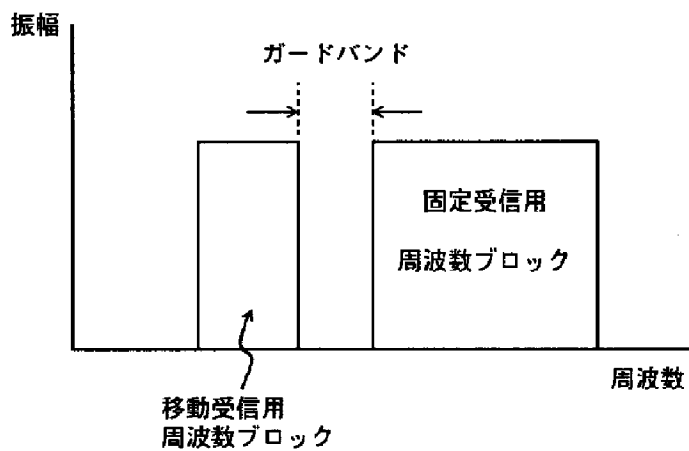


(a)

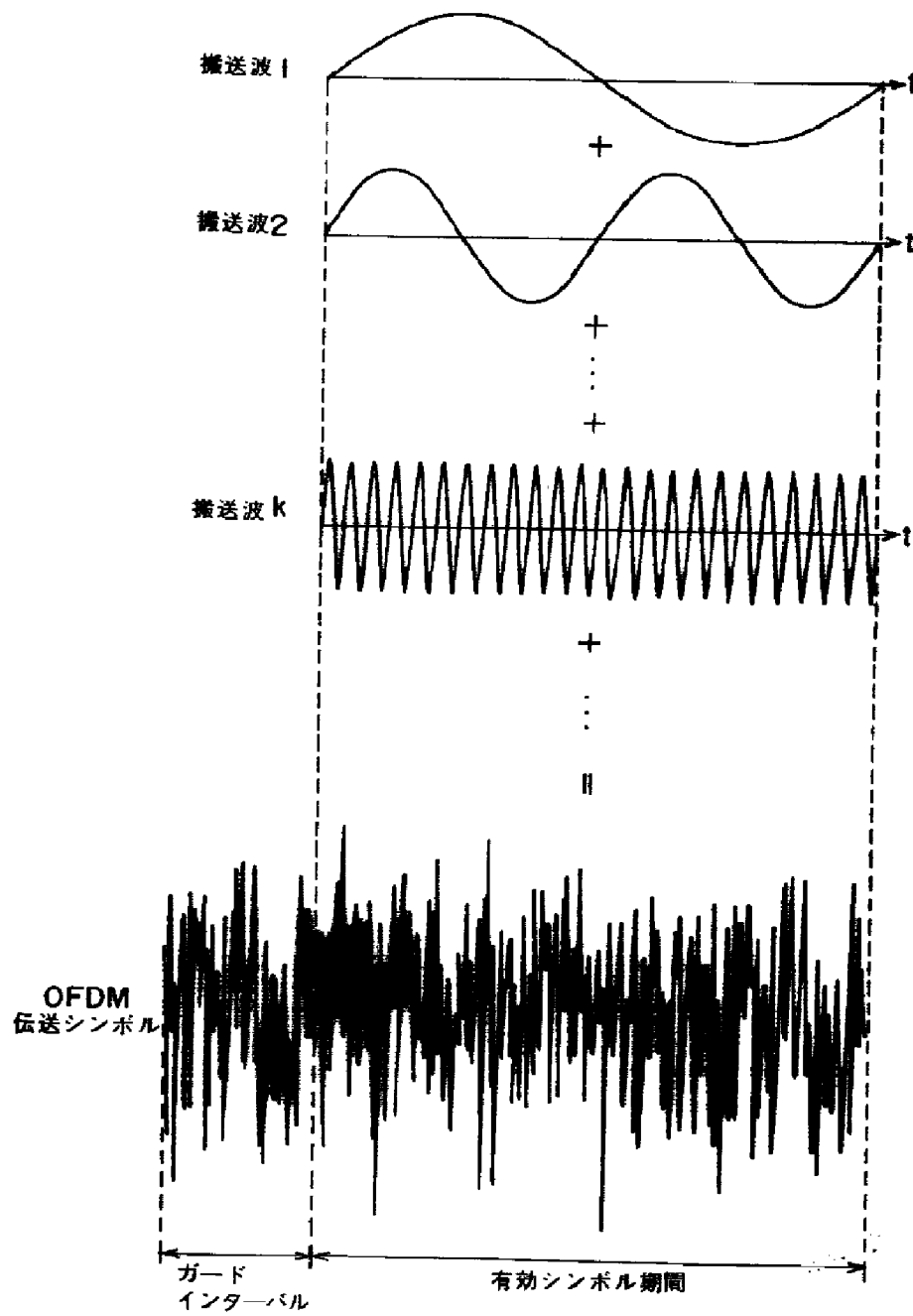


(b)

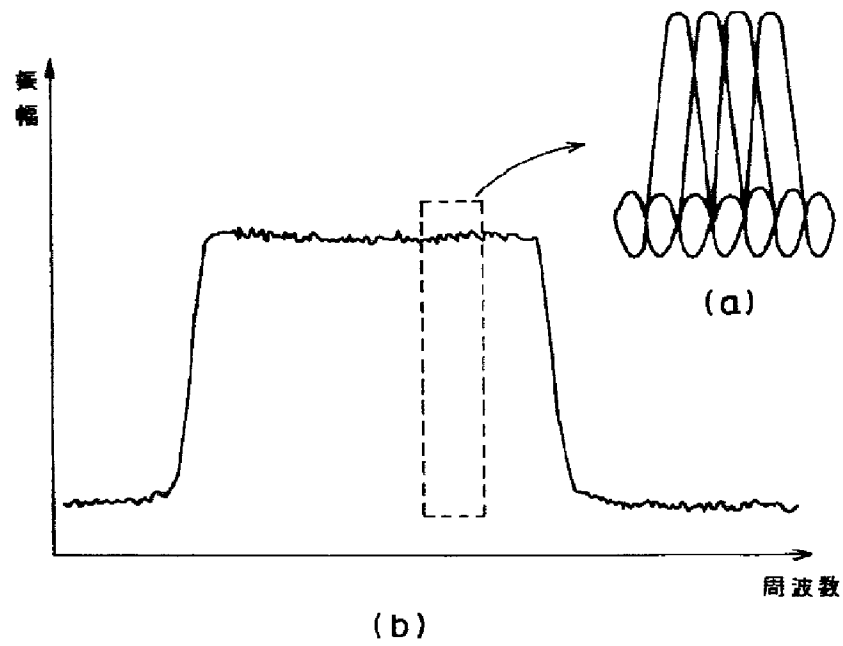
【図12】



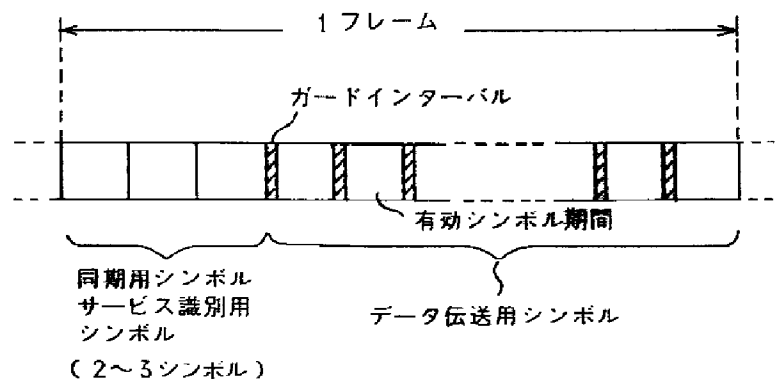
【図8】



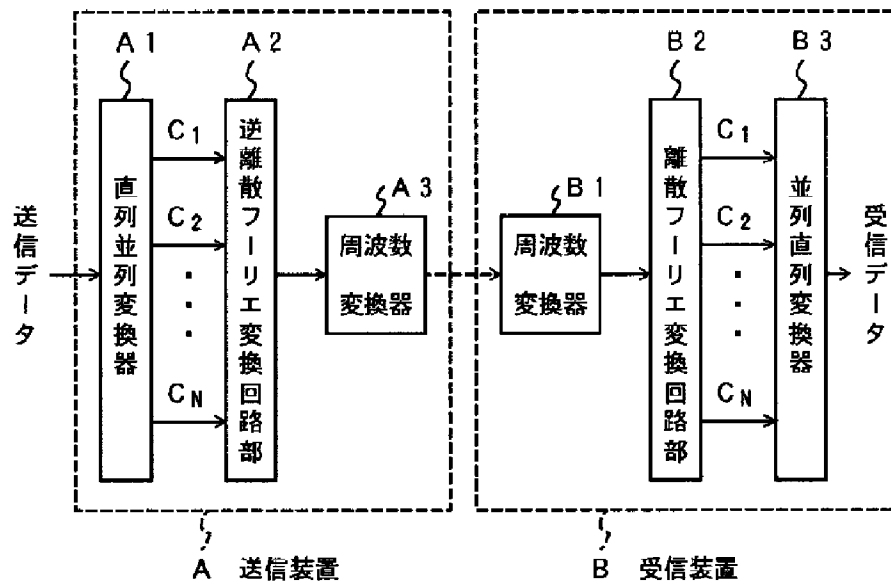
【図9】



【図10】



【図11】



【手続補正書】

【提出日】平成8年6月17日

【手続補正1】

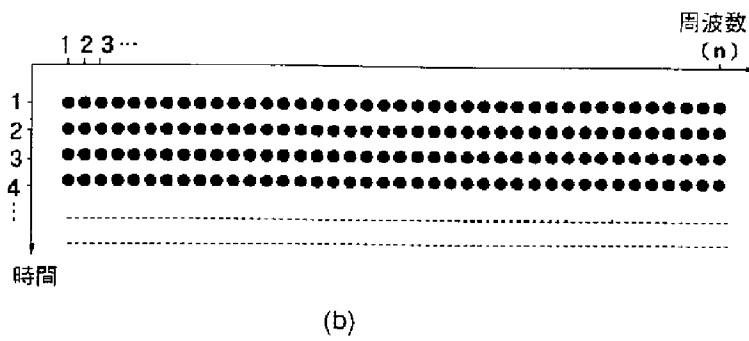
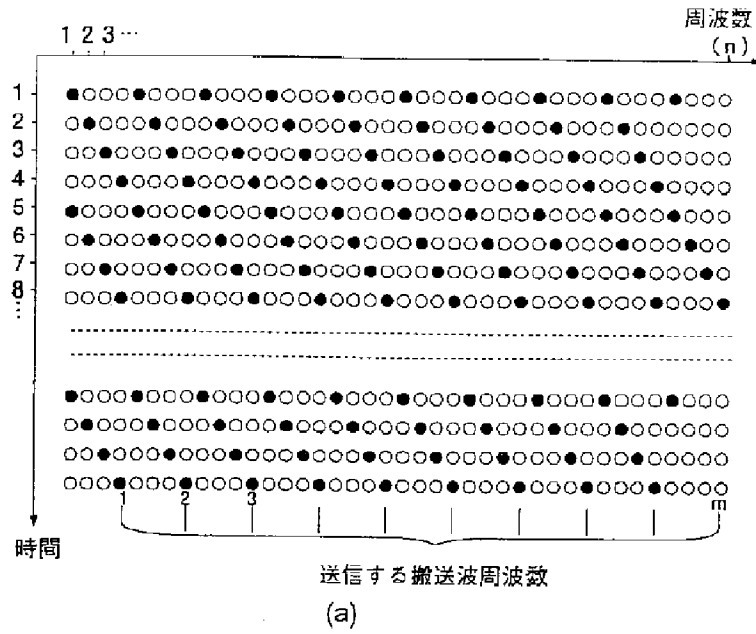
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図6

【補正方法】変更

【補正内容】

【図6】





US005818813A

United States Patent [19]

Saito et al.

[11] **Patent Number:** **5,818,813**[45] **Date of Patent:** **Oct. 6, 1998**

[54] **ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION
MULTIPLEXING TRANSMISSION SYSTEM
AND TRANSMITTER AND RECEIVER
ADAPTED TO THE SAME**

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

4501348 3/1992 Japan .

Primary Examiner—Hassan Kizou
Assistant Examiner—A. Bnimoussa
Attorney, Agent, or Firm—John P. White; Cooper & Duham
LLP

[75] Inventors: **Masafumi Saito**, Tokyo; **Tetsuomi Ikeda**, Machida, both of Japan

[73] Assignee: **Advanced Digital Television
Broadcasting Laboratory**, Tokyo,
Japan

[21] Appl. No.: **707,077**

[22] Filed: **Sep. 3, 1996**

[30] **Foreign Application Priority Data**

Sep. 6, 1995 [JP] Japan 7-229107
Mar. 25, 1996 [JP] Japan 8-068768

[51] **Int. Cl.⁶** **H04J 11/00**

[52] **U.S. Cl.** **370/208; 370/344; 370/480;
375/260**

[58] **Field of Search** 370/203, 206,
370/207, 208, 210, 465, 480, 503; 375/260

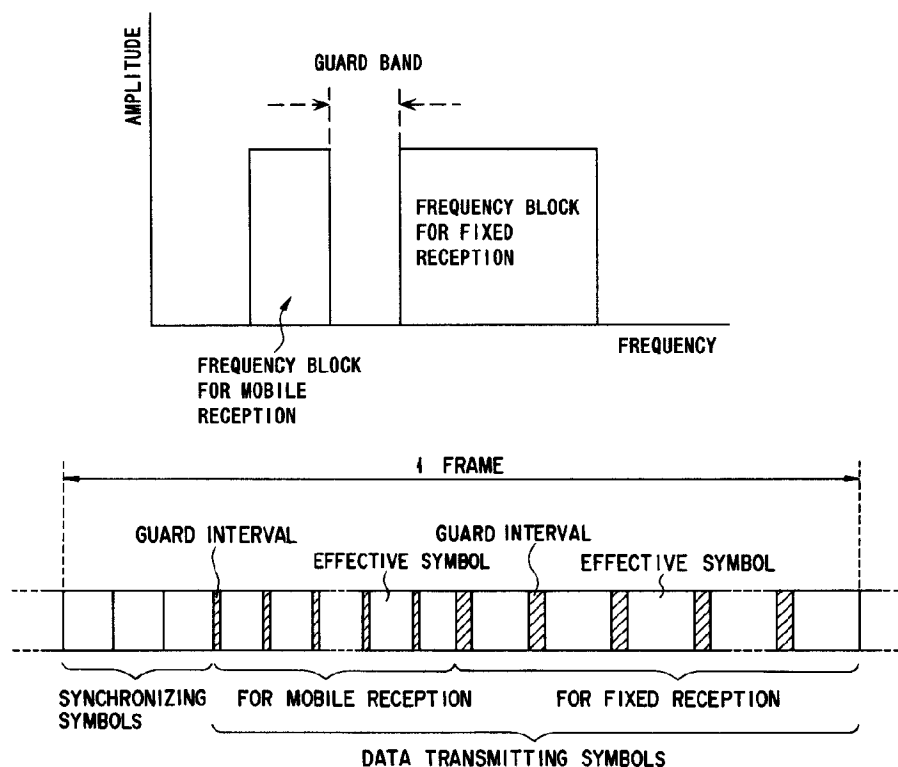
[56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

5,282,222 1/1994 Fatlouche et al. 575/1
5,596,582 1/1997 Sato et al. 370/509
5,608,764 3/1997 Sugita et al. 375/344

[57] **ABSTRACT**

Data sequences correspond to L different parameter sets (effective symbol length, guard interval length, the number of carrier waves) and transformed into parallel data by respective serial/parallel converters, which are allocated to respective carrier waves for OFDM and subjected to inverse discrete Fourier transform by inverse discrete Fourier transformers to produce sampled values for the transmission waveform in the time domain. The sampled values are transformed into serial sequences of sampled values by parallel/serial converters and then into a single temporal sampling sequence by a temporal sampling sequence switching unit. A frame synchronizing symbol is added to the temporal sampling sequence and then transformed into an analog base band OFDM signal before it is converted up to a transmission signal. The frequency bandwidth of the OFDM signal is made smaller than a predetermined value defined by the bandwidth of the available transmission channel. As a result, an OFDM signal that can be received well regardless of the mode of reception can be transmitted.

10 Claims, 9 Drawing Sheets

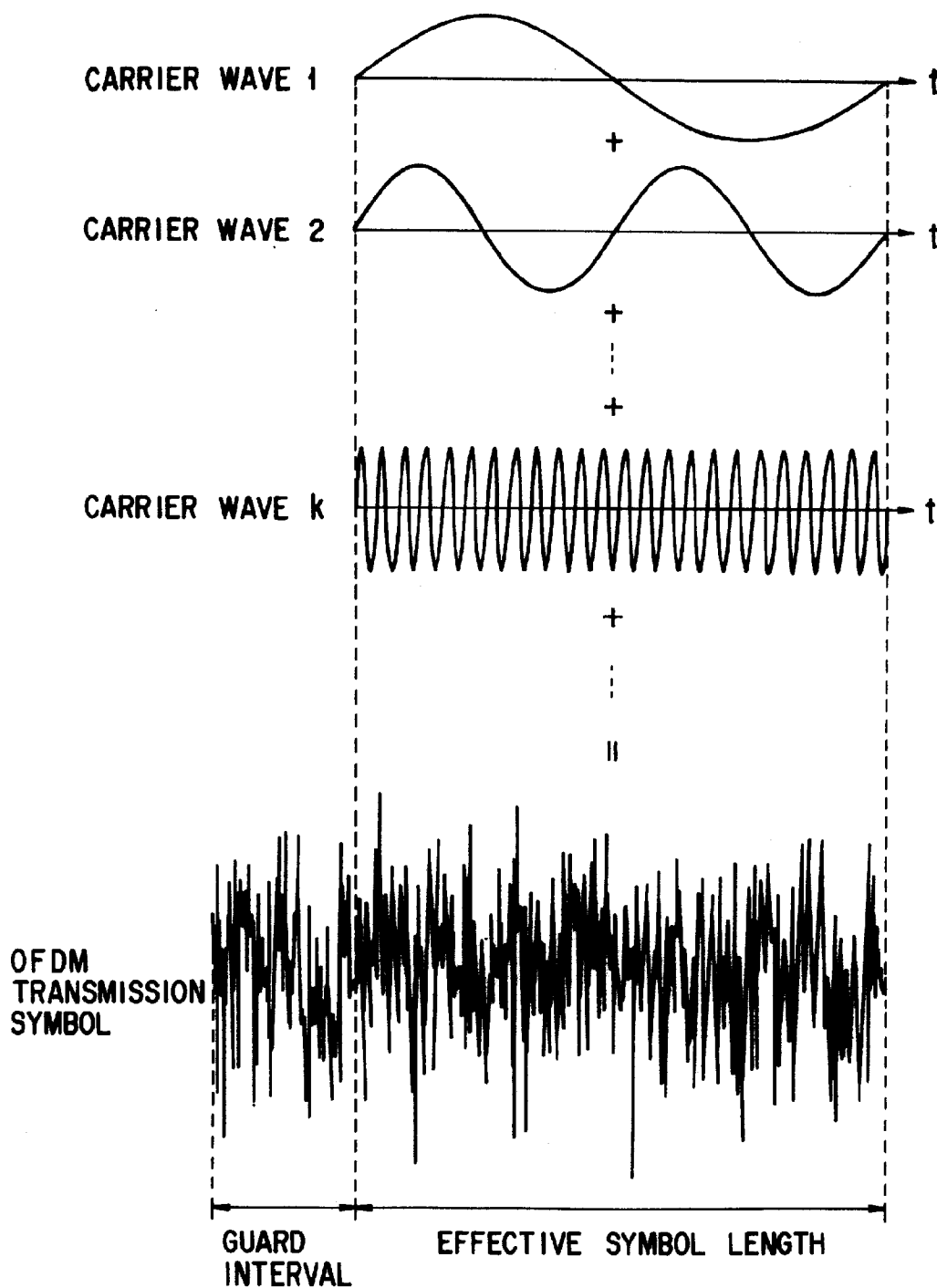


FIG. 1 (PRIOR ART)

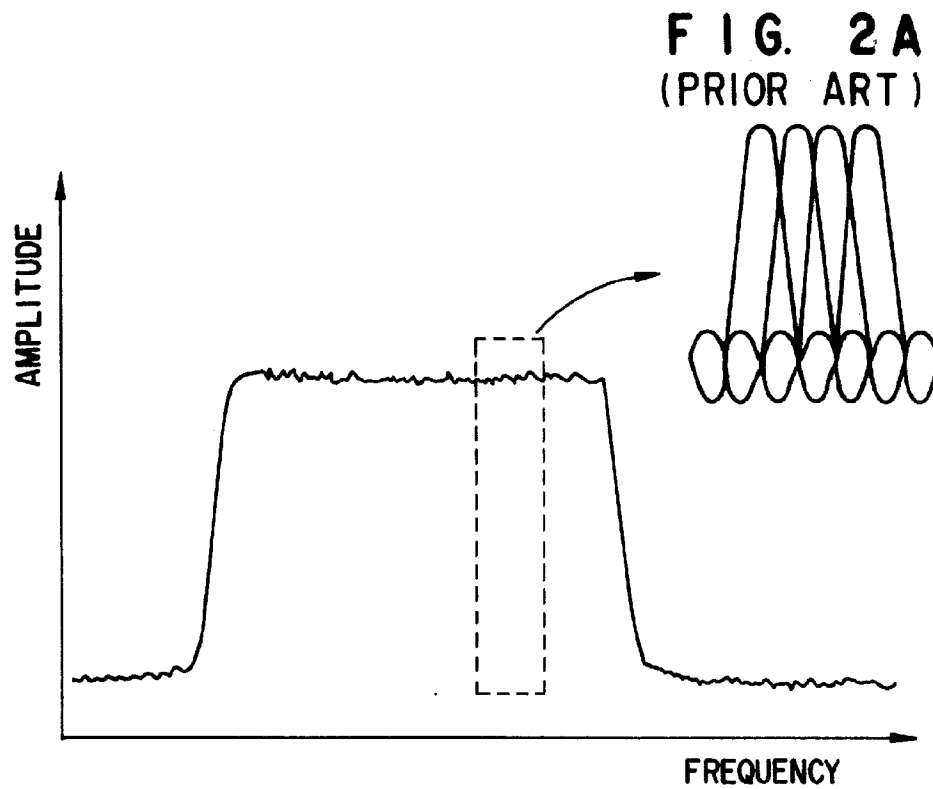


FIG. 2B (PRIOR ART)

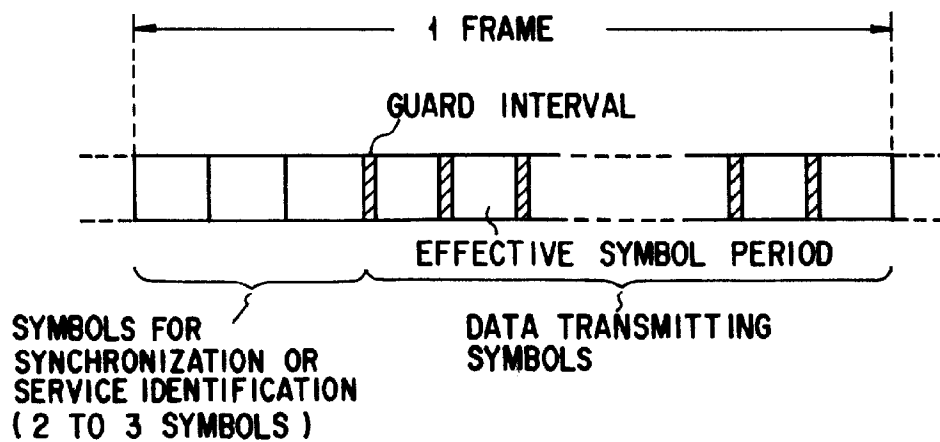


FIG. 3 (PRIOR ART)

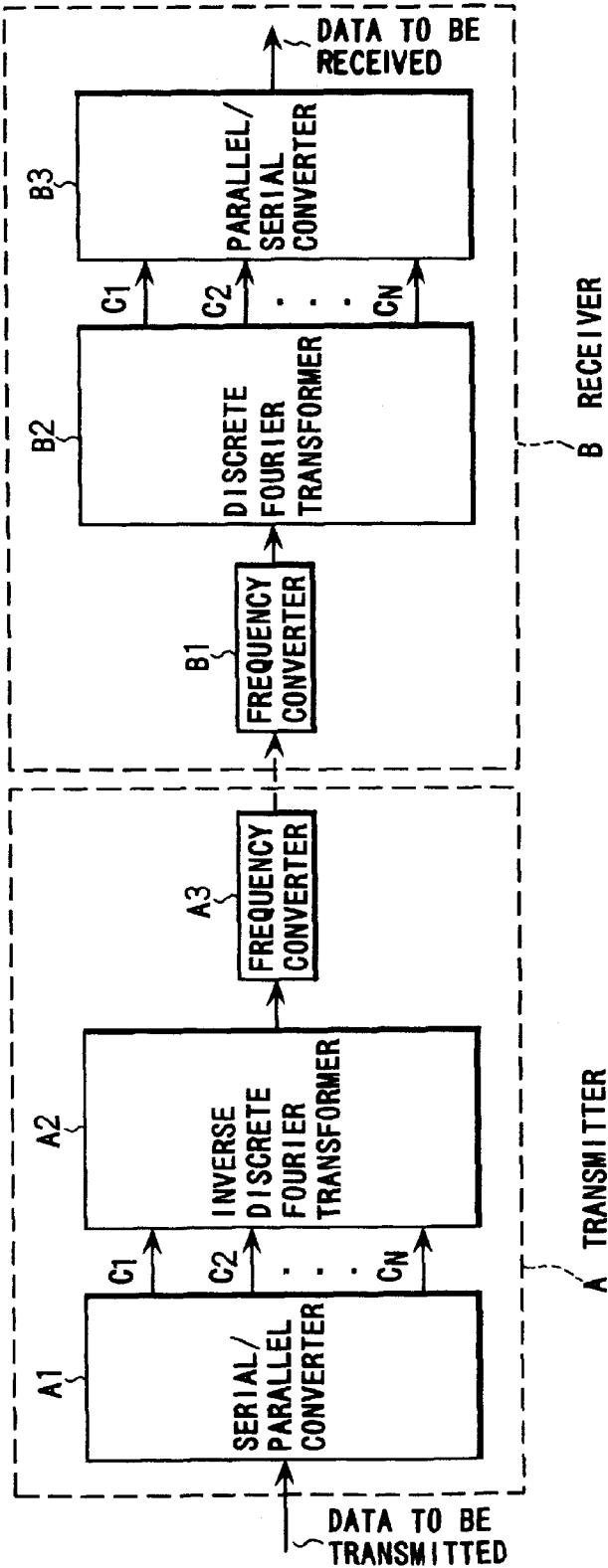
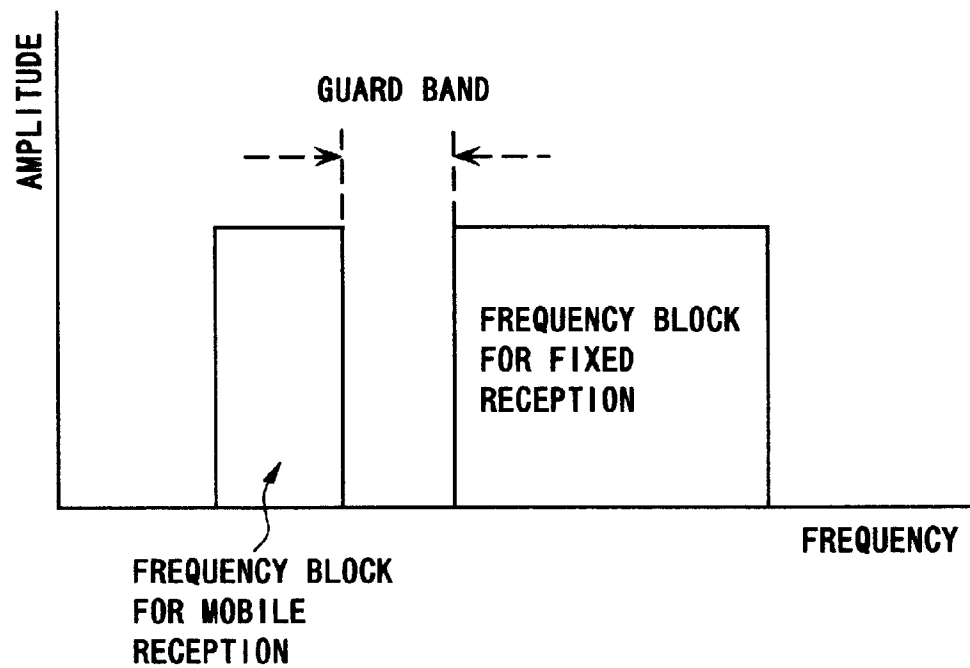


FIG. 4 (PRIOR ART)

**FIG. 5**

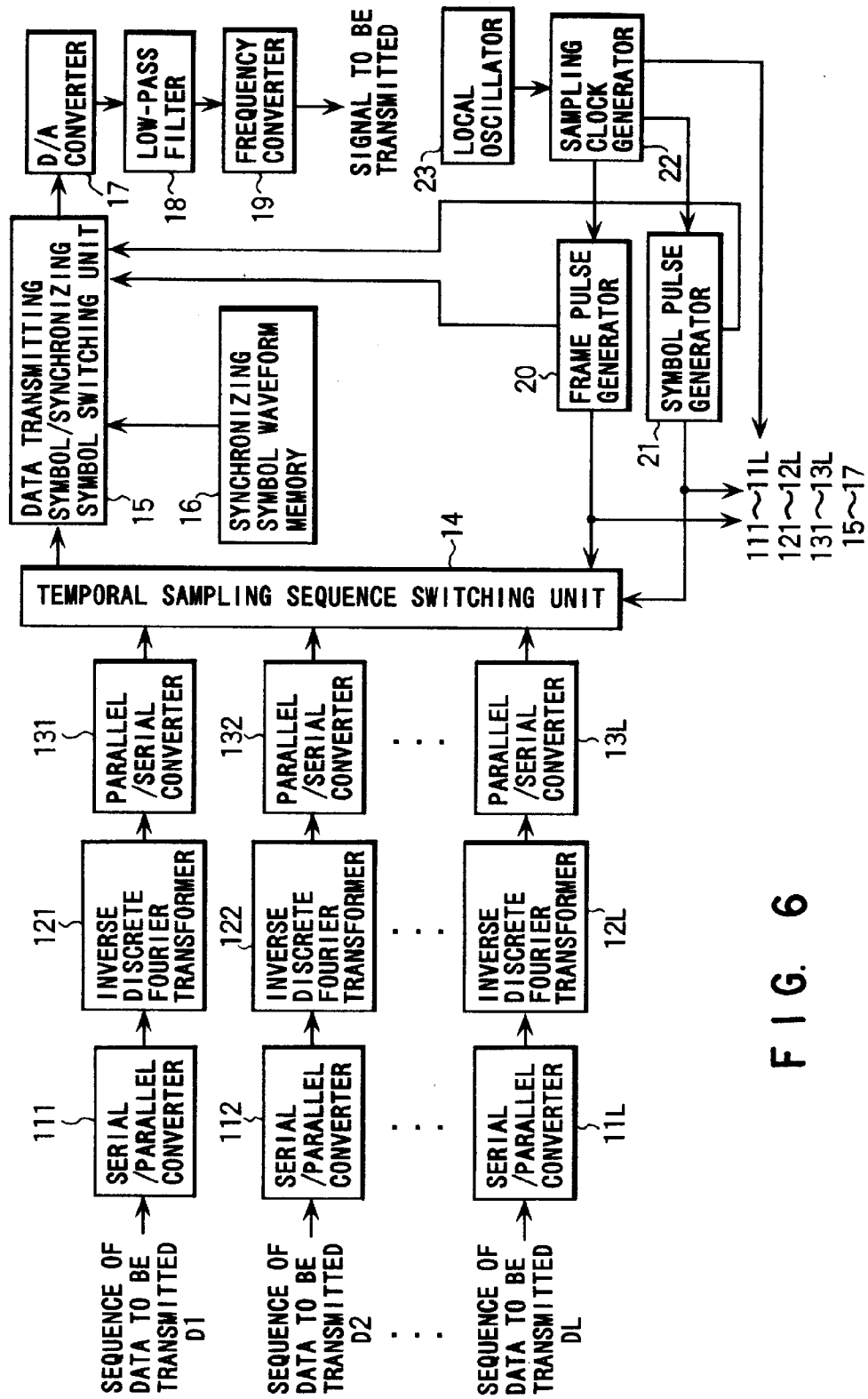


FIG. 6

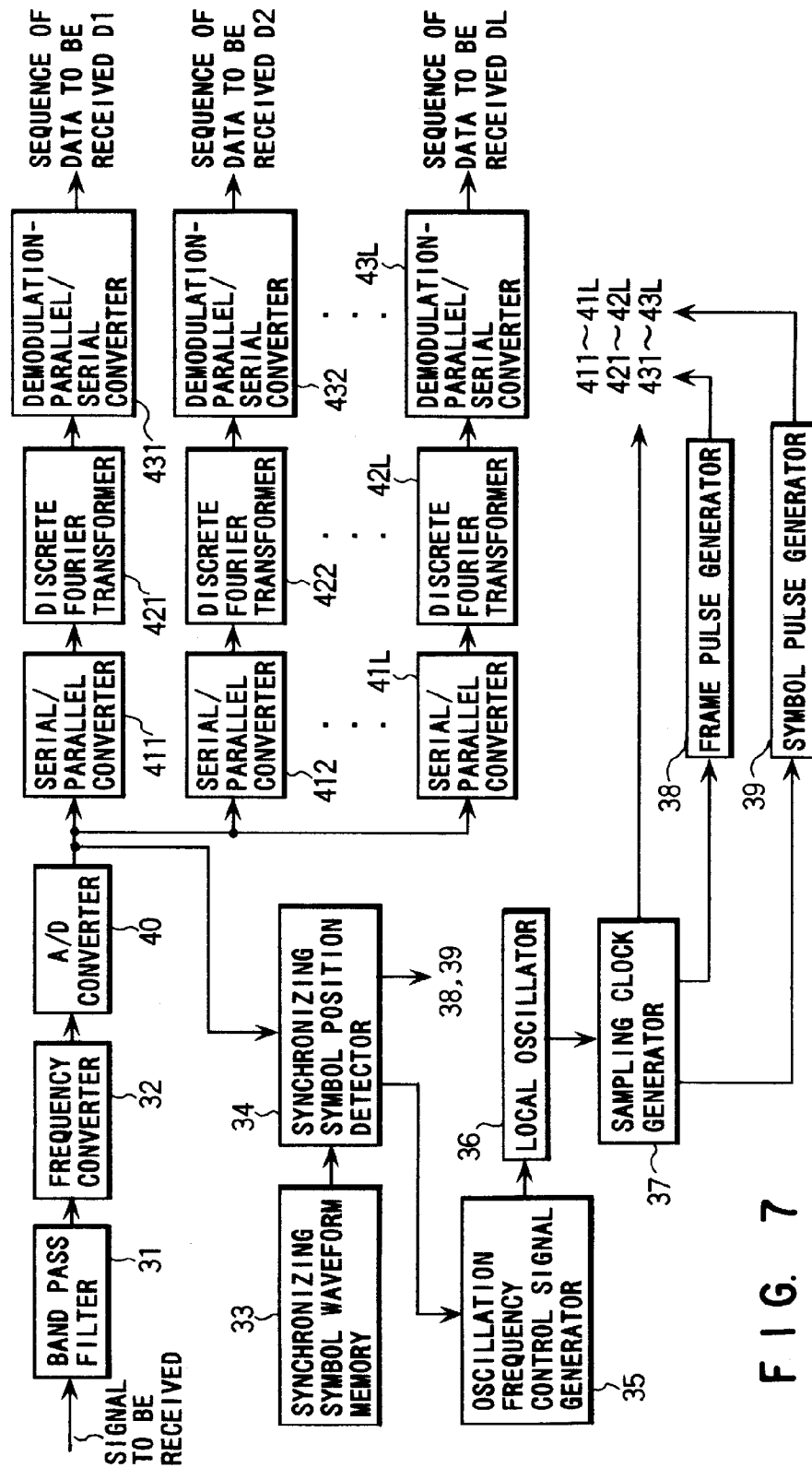


FIG. 7

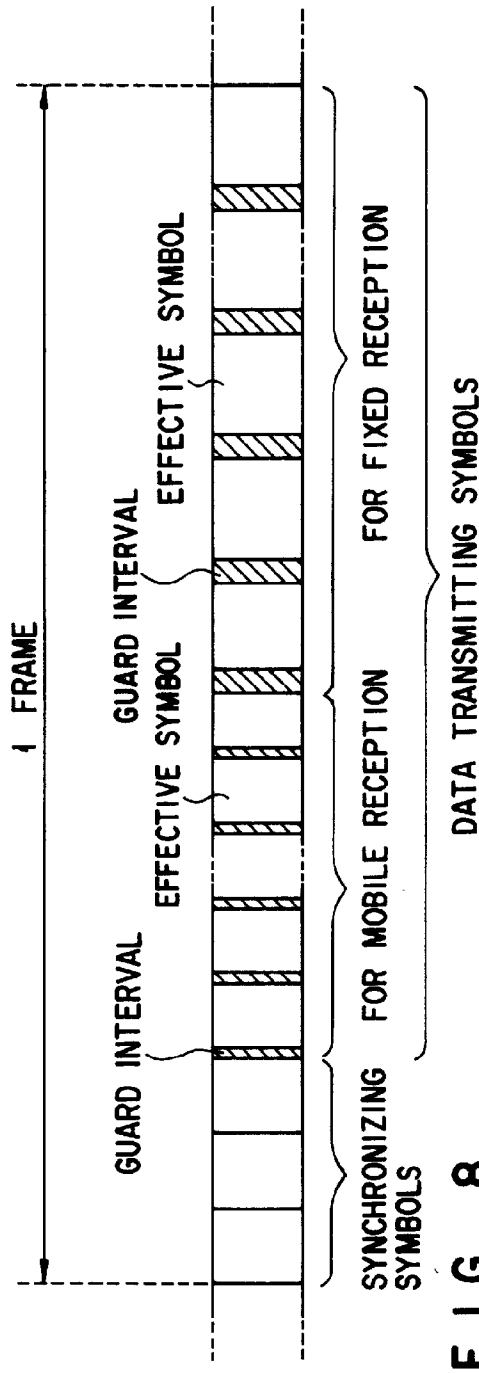


FIG. 8

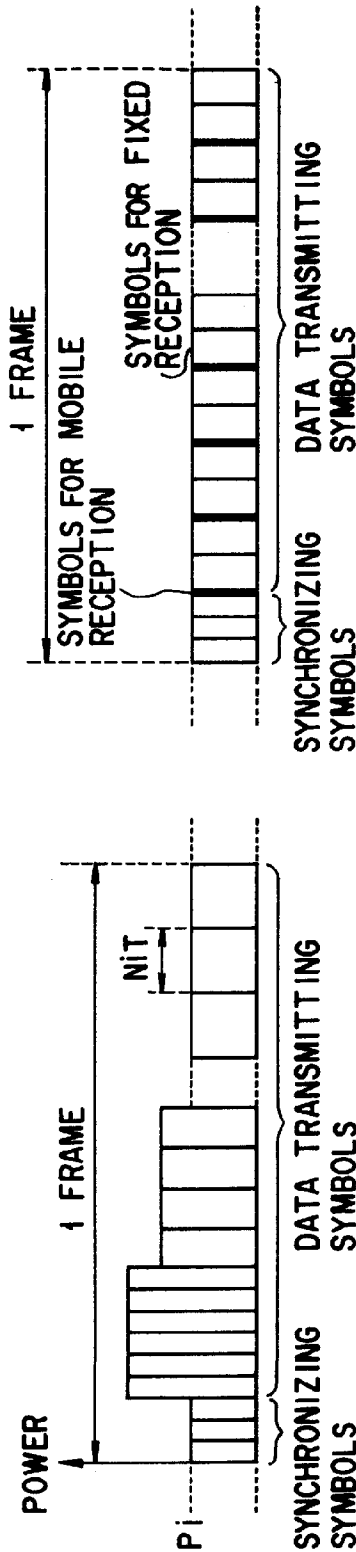


FIG. 9

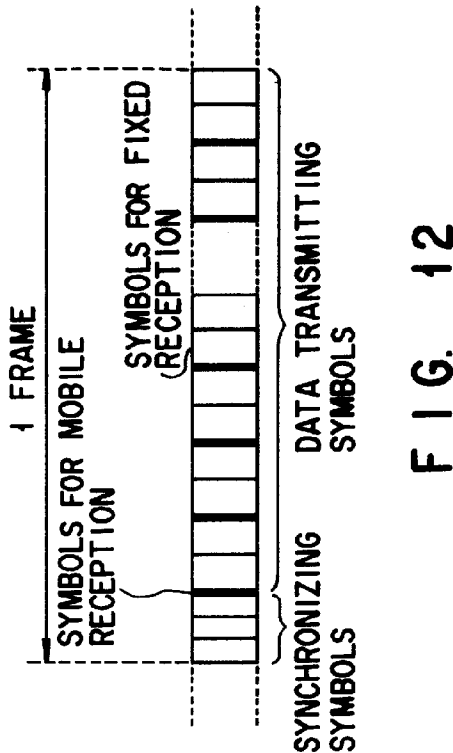


FIG. 12

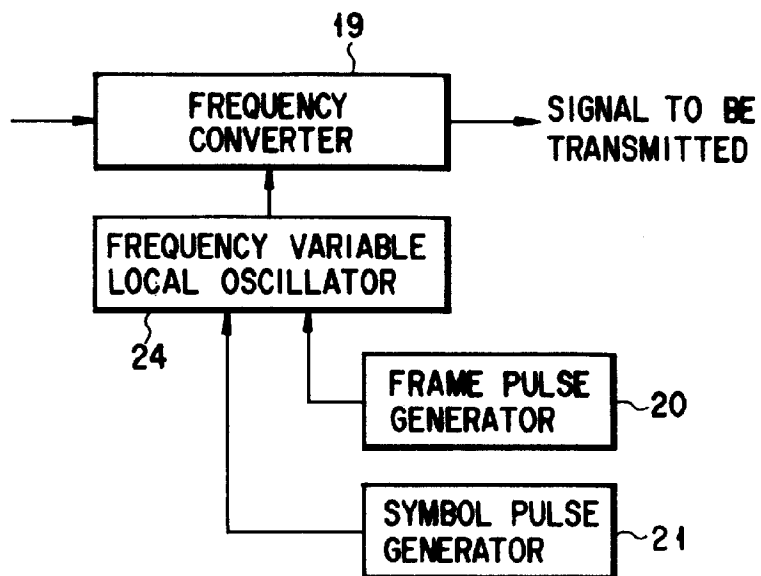


FIG. 10A

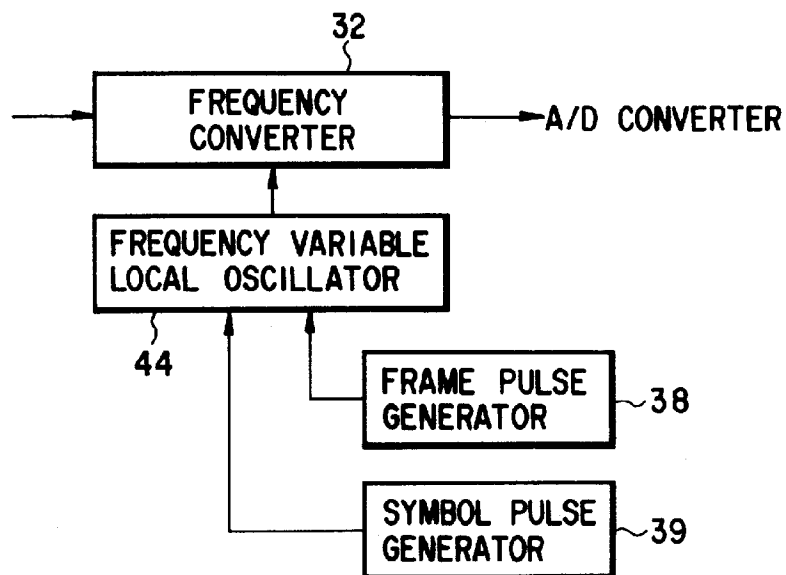
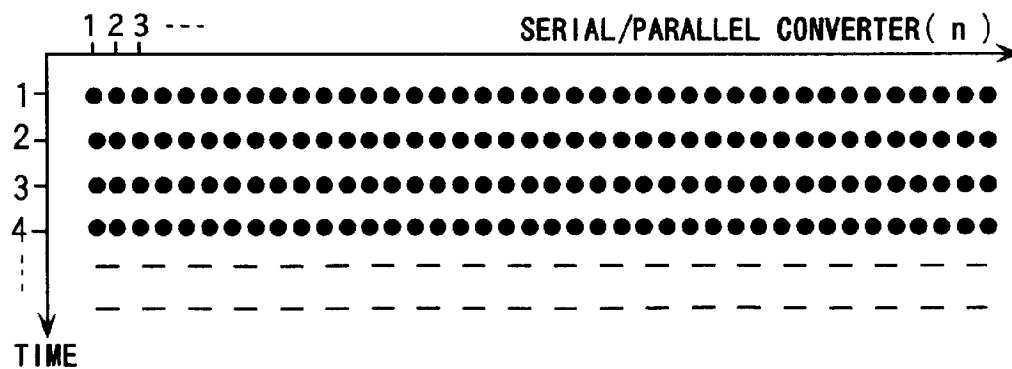
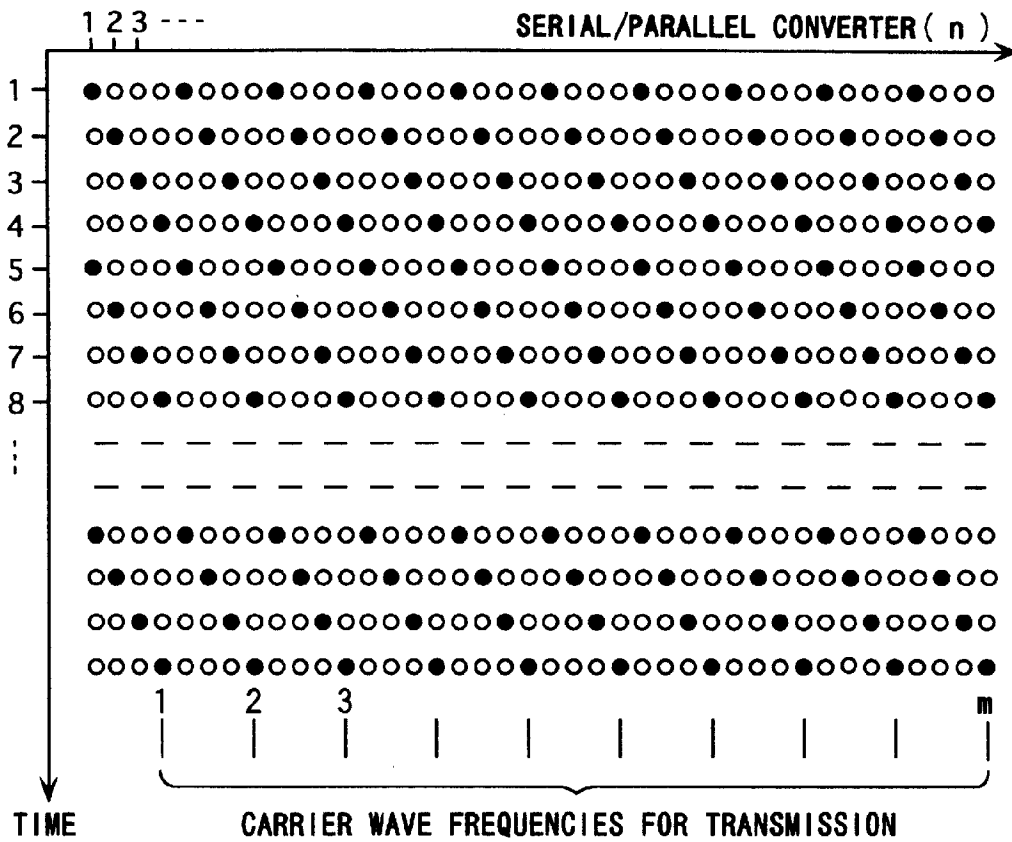


FIG. 10B



ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING TRANSMISSION SYSTEM AND TRANSMITTER AND RECEIVER ADAPTED TO THE SAME

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

This invention generally relates to a transmission system for digital broadcasting and, more particularly, it relates to a data transmission system using orthogonal frequency division multiplexing (hereinafter referred to as OFDM) and digital modulation/demodulation. The present invention also relates to a transmitter and a receiver adapted to such a system.

2. Description of the Related Art

The demand for digitized television broadcasting using ground waves has been increasing to improve the quality of television service. The OFDM transmission system appears to be particularly promising for ground wave digital signal transmission because it is robust against the multipath effect (or the ghost effect for television).

The OFDM transmission system is a variation of the multiple carrier modulation system, with which a transmission signal is produced by combining a large number (tens to thousands) of digitally modulated waves (carrier waves 1 through k) as typically illustrated in FIG. 1. Each of the carrier waves may be modulated in a mode selected from a number of different possible modes including QPSK, 16QAM and 64QAM.

The data transmission using the OFDM transmission system is realized by using transmission symbols as illustrated in FIG. 1, each of which constitutes a unit. Each transmission symbol comprises an effective symbol period and a guard interval. The effective symbol period is a signal period essential to data transmission. The guard interval is a redundant signal period designed to reduce the multipath effect by cyclically repeating the signal waveform of the effective symbol period.

If the gap between any two adjacent frequencies is made equal to the reciprocal number of the effective symbol period for OFDM transmission, the null point of the frequency spectrum of each digitally modulated wave coincides with the center frequency of the adjacent modulated waves as shown in FIG. 2A so that no cross interference occurs between them. As seen from FIG. 2B, the spectrum of an OFDM signal shows a substantially rectangular profile as a whole. If the effective symbol period is t_s and the number of carrier waves is K , then the frequency gap between any adjacent carrier waves is equal to $1/t_s$ while the transmission bandwidth is equal to K/t_s .

With the OFDM transmission system, a transmission frame is comprised of tens to hundreds of transmission symbols as shown in FIG. 1. FIG. 3 illustrates a typical OFDM transmission frame. The OFDM transmission frame contains frame synchronizing symbols, if necessary, along with data transmitting symbols. If necessary, it may additionally contain service identifying symbols.

FIG. 4 illustrates the concept of a transmitter A and a receiver B adapted to the OFDM transmission system.

The transmitter A divides a binary data to be transmitted into data blocks, each of which has a predetermined number of bits and is converted into a complex number prior to transmission. Serial/parallel converter A1 allocates different complex numbers C_i ($i=1$ to N) to the carrier wave frequencies on a one by one basis and inverse discrete Fourier

transform circuit A2 carries out an operation of inverse discrete Fourier transform to the time domain. As a result, sampled data are produced for a time base waveform so that a base band analog signal having a temporally continuous waveform is obtained from the sampled data and processed for frequency conversion by frequency converter A3 before it is transmitted.

The number of sampled values produced on a time base by inverse discrete Fourier transform is typically 2^n for each effective symbol period (n being a positive integer). Thus, if r_G is defined as $r_G = (\text{guard interval length})/(\text{effective symbol length})$, then $2^n \cdot (1+r_G)$ samples are produced for each transmission symbol. The length of each transmission symbol is usually equal to the time interval of sampling points multiplied by an integer.

On the part of the receiver B, frequency converter B1 processes the received signal for frequency conversion to obtain a base band signal waveform, which is sampled at a sampling rate same as that of the transmitter. Discrete Fourier transform circuit B2 processes the sampled data to carry out an operation of discrete Fourier transform to the frequency domain and obtains by calculation the phase and the amplitude of each of the carrier wave frequency components to determine the value of each of the received data before they are converted into serial data by parallel/serial converter B3 and produced as data output.

While television signals are received either in the fixed mode or in the mobile mode (including the portable reception mode), a good reception is essential regardless of the mode of reception. With any known OFDM system, the effective symbol length, the guard interval length and the number of carrier waves of data transmitting symbols are determined mainly on the basis of either the fixed reception mode or the mobile reception mode. If the effective symbol length, the guard interval length and the number of carrier waves of data transmitting symbols are based mainly on, for example, the fixed reception mode, not the mobile reception mode, the influence of fading will be serious.

SUMMARY OF THE INVENTION

As pointed out above, with any known OFDM transmission system, the effective symbol length, the guard interval length and the number of carrier waves of data transmitting symbols are determined on the basis of the most popular reception mode because they cannot be selected so as to adapt themselves to more than one different modes.

It is, therefore, the object of the present invention to provide an OFDM transmission system that ensures a good signal reception regardless of the selected reception mode and a transmitter and a receiver adapted to such a system.

According to the invention, the above object is achieved by providing an OFDM transmission system for transmitting data by means of OFDM and digital modulation/demodulation, characterized in that, if the time interval of OFDM sampling points is T , the effective symbol length NiT (N_i being a positive integer), the guard interval length MiT (M_i being zero or a positive integer) and the number of carrier waves K_i (K_i being a positive integer) of the i -th data transmission symbol in an OFDM transmission frame can take a plurality of respectively different values that can be arbitrarily selected, provided that K_i/NiT is kept smaller than a constant value W (W being a positive real number) determined by the bandwidth of the transmission channel.

In other words, with the OFDM transmission system according to the invention, two or more than two values are used for the effective symbol length and also for the guard

interval length of a data transmission symbol and the symbol length is made equal to the sampling period, which is a basic unit for OFDM digital signal processing, multiplied by an integer. Additionally, the frequency bandwidth of OFDM transmission signal is made smaller than a constant value determined by the bandwidth of the transmission channel.

As a result, no cross interference appears if a plurality of data transmitting symbols having respective effective symbol lengths and guard interval lengths that are different from each other are multiplexed in a single transmission channel. Thus, the OFDM transmission system according to the invention can meet different conditions for data transmission in a single transmission channel without reducing the efficiency of the use of frequencies and entailing any cross interference among carrier waves.

Additional objects and advantages of the invention will be set forth in the description which follows, and in part will be obvious from the description, or may be learned by practice of the invention. The objects and advantages of the invention may be realized and obtained by means of the instrumentalities and combinations particularly pointed out in the appended claims.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The accompanying drawings, which are incorporated in and constitute a part of the specification, illustrate presently preferred embodiments of the invention and, together with the general description given above and the detailed description of the preferred embodiments given below, serve to explain the principles of the invention.

FIG. 1 is a graph schematically showing signal transmission waveforms and a transmission symbol used for the OFDM transmission system;

FIGS. 2A and 2B are graphs schematically showing the frequency spectrum of the OFDM transmission system;

FIG. 3 is a graph schematically illustrating the configuration of a transmission frame of the OFDM transmission system;

FIG. 4 is a schematic block circuit diagram of a transmitter and a receiver adapted to a known OFDM transmission system;

FIG. 5 is a graph showing the frequency spectrum of an OFDM transmission system having a frequency block for the fixed reception mode and a frequency block for the mobile reception mode in a transmission channel;

FIG. 6 is a schematic block circuit diagram of an embodiment of a transmitter adapted to the OFDM transmission system of the invention;

FIG. 7 is a schematic block circuit diagram of an embodiment of a receiver adapted to the OFDM transmission system of the invention;

FIG. 8 is a graph schematically illustrating the configuration of a transmission frame of the OFDM transmission system according to the invention;

FIG. 9 is a graph schematically illustrating the relationship between the effective symbol length of an OFDM transmission symbol and the average transmission power level that can be used for another embodiment of the invention;

FIGS. 10A and 10B respectively show schematic block diagrams of an embodiment of a transmitter and that of a receiver according to the invention and designed to change the carrier wave frequencies at predetermined periods and a predetermined frequency gap;

FIGS. 11A and 11B show two alternative arrangements of carrier waves for shifting the frequency of each of the carrier

waves within a base band in order to change the frequency at predetermined periods, of which FIG. 11A is designed for symbols for mobile reception whereas FIG. 11B is designed for symbols for fixed reception; and

FIG. 12 is a schematic view of a transmission frame comprising one or more data transmitting symbols for mobile and fixed receivers, where symbols for mobile reception are arranged at predetermined time periods.

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

The idea underlying the present invention will firstly be described. OFDM transmission symbols adapted to fixed reception and those adapted to mobile reception may be transmitted through a single transmission channel by dividing each OFDM signal into two frequency blocks on a frequency base, which frequency blocks are separated by a guard band in order to prevent interference from taking place among carrier waves, and selecting different values for the symbol length in these frequency blocks, which are respectively used for the fixed and mobile reception modes as shown in FIG. 5.

However, with the above method of dividing an OFDM signal into a plurality of blocks, the carrier waves which belong to different frequency blocks can not have an orthogonal relationship because the effective symbol length and the carrier wave frequency gap are differentiated from a frequency block to another, therefore, a guard band has to be provided between any adjacent frequency blocks at the cost of reducing the efficiency of the use of frequencies and the transmission bit rate of a transmission channel.

According to the invention, data transmitting symbols adapted to fixed reception and those adapted to mobile reception can be transmitted through a single transmission channel without providing one or more than one guard bands to prevent cross interference from occurring among carrier waves and hence without reducing the efficiency of the use of frequencies.

With OFDM transmission systems, an FFT window having the same length as that of the effective symbol period is provided in each data transmitting symbol period and $2n$ sampling points are subjected to an operation of discrete Fourier transform to the frequency domain in the demodulator.

The FFT window is arranged usually at the rear end of each transmission symbol. Note that no ghost can get into the FFT window in the demodulator from the adjacent symbol if the multipath delay time (or the ghost signal delay time for television) is shorter than the guard interval length. Therefore, the degradation due to the multipath phenomenon can be made far less serious than the degradation in a single carrier arrangement. Thus, with OFDM transmission systems, the influence of a ghost having a long delay time can be prevented by selecting a long guard interval to make the system substantially unaffected by the multipath phenomenon.

Now, an OFDM symbol length and a guard interval length adapted to fixed reception and those adapted to mobile reception will be discussed below.

Generally, the influence of multipath is one of the most important technological problems that have to be dealt with to achieve a good fixed reception for the OFDM system. As pointed out above, the use of a long guard interval is a useful technique for the prevention of the influence of ghost signals.

However, since the guard interval adversely affects the transmission capacity (bit rate) of a symbol in a manner as

described above and the use of a long guard interval reduces the bit rate of a symbol having a given length, the effective symbol length has to be made proportional to the guard interval length and, therefore, a symbol having a long length has to be used to maintain a desired level of bit rate.

For the mobile reception mode, on the other hand, the characteristics of the transmission channel can change with time due to the fading phenomenon and, therefore, the use of a long OFDM symbol can result in an unnegligible change in the characteristics of the transmission channel within the time required for the transmission of a single symbol and hence a large bit error rate appears if the OFDM symbol length is too long. In other words, a long guard interval and hence a long symbol length operate disadvantageously for the fading phenomenon that can be observed in mobile reception. It may be safe to say that the portable reception mode is a combination of the fixed and mobile reception modes.

As discussed above, for the OFDM transmission system, the optimal values of the guard interval length, the effective symbol length and other transmission parameters may vary depending on the mode of reception. Therefore, a single set of values probably cannot optimize the reception in both the fixed and mobile reception modes. Thus, the OFDM transmission system according to the invention will be particularly useful when transmitting data through a single transmission channel for both the fixed and mobile reception modes, while using long symbols in the fixed reception mode.

Now, an embodiment of a transmitter and that of a receiver adapted to the OFDM transmission system according to the invention will be described in detail by referring to FIGS. 6 and 7.

FIG. 6 is a schematic block circuit diagram of an embodiment of a transmitter adapted to the OFDM transmission system of the invention. The transmitter comprises serial/parallel converters 111 through 11L, inverse discrete Fourier transformers 121 through 12L, parallel/serial converters 131 through 13L, a temporal sampling sequence switching unit 14, a data transmitting symbol/synchronizing symbol switching unit 15, a synchronizing symbol waveform memory 16, a D/A converter 17, a low-pass filter 18, a frequency converter 19, a frame pulse generator 20, a symbol pulse generator 21, a sampling clock generator 22 and a local oscillator 23.

A total of L sequential data D1 through DL to be transmitted are applied respectively to the L serial/parallel converters 111 through 11L. A set of L parameters (effective symbol length, guard interval length, number of carrier waves) are provided to correspond to the L sequential data D1 through DL to be transmitted.

Said serial/parallel converters 111 through 11L convert respective serial data into parallel data, which are allocated respectively to the carrier waves of the OFDM transmission system. The inverse discrete Fourier transformers 121 through 12L determines the phases and the amplitudes of the respective carrier waves on the basis of the data allocated for transmission. The phase and the amplitude of each of the carrier waves are treated as a complex number in the frequency domain and subjected to an operation of inverse discrete Fourier transform and the sampled values of the transmission waveform obtained in the time domain are produced as outputs. Then, the parallel/serial converters 131 through 13L convert the temporally sampled values produced in parallel into a sequence of serially sampled values for each symbol.

On the other hand, the sampling clock generator 22 generates a sampling clock on the basis of the original oscillation frequency signal produced by the local oscillator 23. The frame pulse generator 20 and the symbol pulse generator 21 respectively generate a frame pulse and a symbol pulse from the sampling clock. The sampling clock, the frame pulse and the symbol pulse are fed to the components of the transmitter for timing purposes.

The temporal sampling sequence switching unit 14 selectively switches the L sequences of temporal samples to transform them into a single sequence of temporal samples by using the frame pulse and the symbol pulse. The synchronizing symbol waveform memory 16 produces the sampled values of the frame synchronizing symbol waveform. The data transmitting symbol/synchronizing symbol switching unit 15 switches the sequence of temporally sampled values of the data transmitting symbol produced by the temporal sampling sequence switching unit 14 and the sequence of sampled values of the waveform of the frame synchronizing symbol produced by the synchronizing symbol waveform memory 16 to transform them into a sequence of temporally sampled values of the base band OFDM signal.

The D/A converter 17 converts the sequence of temporally sampled values into an analog signal and the low-pass filter 18 eliminates the high frequency components of the analog signal to produce an analog base band OFDM signal. The frequency converter 19 converts the frequency of the base band OFDM signal up to an intermediate frequency or a radio frequency and produces a signal to be transmitted.

FIG. 7 is a schematic block circuit diagram of an embodiment of a receiver adapted to the OFDM transmission system of the invention. It comprises a band-pass filter 31, a frequency converter 32, a synchronizing symbol waveform memory 33, a synchronizing symbol position detector 34, an oscillation frequency control signal generator 35, a local oscillator 36, a sampling clock generator 37, a frame pulse generator 38, a symbol pulse generator 39, an A/D converter 40, serial/parallel converters 411 through 41L, discrete Fourier transformers 421 through 42L and demodulation-parallel/serial converters 431 through 43L.

In the receiver having the configuration described above, the band-pass filter 31 eliminates the out-of-band components and the frequency converter 32 converts the intermediate frequency or the radio frequency of the OFDM signal down to a base band. The A/D converter 40 transforms the base band OFDM signal into a sequence of sampled digital values, which are respectively fed to the serial/parallel converter 411 through 41L and also to the synchronizing symbol position detector 34.

The synchronizing symbol position detector 34 detects the position of the front end of the frame by calculating the correlated values of the sequence of sampled values of the base band OFDM signal and the sequence of sampled values of the synchronizing symbol waveform stored in the synchronizing symbol waveform memory 33. It also determines the position for switching the transmitting symbols and the position of the FFT window.

The oscillation frequency control signal generator 35 generates a signal for controlling the oscillation frequency of the local oscillator 36 on the basis of the frame period detected by the synchronizing symbol position detector 34. A method of controlling the local oscillation frequency by means of a frame period is described in Japanese Patent Application No. 6-138386 "Clock frequency automatic control method and transmitter and receiver using the same".

The sampling clock generator 37 generates a sampling clock on the basis of the original oscillation frequency signal produced by the local oscillator 36. The frame pulse generator 38 and the symbol pulse generator 39 respectively generate a frame pulse and a symbol pulse on the basis of the data on the position of the front end of the frame produced by the synchronizing symbol position detector 34 and the sampling clock. The sampling clock, the frame pulse and the symbol pulse are respectively fed to the related components of the receiver and used to generate various timing signals.

The serial/parallel converter 411 through 41L transform the sequence of sampled base band values into parallel data, which are fed then to the discrete Fourier transformers 421 through 42L. The discrete Fourier transformers 421 through 42L transform the sampled values in the time domain into spectra for the respective carrier wave frequencies. The demodulation-parallel/serial converters 431 through 43L estimate the phases and the amplitudes of the carrier waves from the respective frequency component, determines the values of the received data on the basis of the phases and the amplitudes and transform them into sequences of serial received data D1 through DL, which are then produced by the converters as respective outputs. The L sequences of received data D1 through DL corresponds to the L parameter sets.

In the transmission system having the configuration described above, the inverse discrete Fourier transformer 12i (i being an integer between 1 and L) and the discrete Fourier transformer 42i (i being an integer between 1 and L) arbitrarily select N_i , M_i and K_i provided that K_i/N_iT is kept smaller than a constant value W (W being a positive real number) determined by the bandwidth of the transmission channel, where T is the time interval of sampling clocks, N_iT is the effective symbol length (N_i being a positive integer), M_iT is the guard interval length (M_i being zero or a positive integer) and K_i is the number of carrier waves (K_i being a positive integer).

The temporal sampling sequence switching unit 14 switches the data transmitting symbols in such an order that the data transmitting symbols having an identical effective symbol length and a guard interval length are continuously arranged on the time base and the number of switching points where two adjacent data transmitting symbols having at least mutually different effective symbol lengths or mutually different guard interval lengths are located is minimized.

While there may be a number of different orders according to which symbols corresponding to data sequences D1 through DL are transmitted, data transmitting symbols corresponding to a sequence of data (a set of parameters) are to be most basically transmitted in an continuous order on the time base. Then, the number of switching points where two adjacent data transmitting symbols having respective sets of parameters that are different from each other are located is minimized. FIG. 8 shows a typical arrangement of data transmitting symbols that meets the above requirements.

Assuming $L=2$ and that sequence D1 of transmission data is for the fixed reception mode and sequence D2 of transmission data is for the mobile reception mode, a good data reception can be realized in either mode by selecting respective sets of parameters for fixed reception and mobile reception for the inverse discrete Fourier transformers 121 and 122.

Thus, with the OFDM transmission system according to the invention, any cross interference can be prevented from appearing between two adjacent carrier waves without using a guard band so that various different requirements of

transmission can be met within a single transmission channel without reducing the efficiency of the use of frequencies. Specifically, OFDM data transmitting symbols good for fixed reception and those adapted to mobile reception can be transmitted through a single transmission channel without reducing the efficiency of the use of frequencies.

While L inverse discrete Fourier transformers 121 through 12L are used for L different parameter sets in the arrangement of FIG. 6, a single inverse discrete Fourier transformer may cover L different symbol lengths if it is adapted to the use of a plurality of FFT points.

While the technique of modulation to be used for the OFDM carrier waves may be selected depending on the phase and the amplitude assigned to each carrier wave in the form of a complex number in the frequency domain, different techniques of modulation may be respectively used for sequences D1 through DL of transmission data, typically including techniques such as DQPSK, 16QAM and 64QAM.

Similarly, while L discrete Fourier transformers 421 through 42L are used for L different parameter sets in the arrangement of FIG. 7, a single discrete Fourier transformer may cover L different symbol lengths if it is adapted to the use of a plurality of FFT points.

Of the L data sequences D1 through DL, the sequence D1, for example, and the corresponding transmission symbols may be used to transmit data on the effective symbol lengths, the guard interval lengths, the number of carrier waves and the modulation techniques selected for the carrier waves for the remaining data sequences D2 through DL from the transmitter to the receiver.

Generally speaking, if the effective symbol length N_aT (N_a being a positive integer), the guard interval length M_aT (M_a being zero or a positive integer) and the number of carrier waves K_a (K_a being a positive integer) of a specific data transmitting symbol in an OFDM transmission frame are known by the receiver along with the modulation techniques selected for the carrier waves of the specific symbol, the parameter sets for the data transmitting symbols can be modified by transmitting at least part of the data on the effective symbol lengths, the guard interval lengths, the number of carrier waves and the modulation techniques selected for the respective carrier waves of all the data transmitting symbols other than said specific data transmitting symbol in the frame from the transmitter to the receiver by means of said specific symbol.

If the average transmission power required for the i-th data transmitting symbol can be P_i in the OFDM frame of the above embodiment, P_i can be determined as a function of N_i that defines the effective symbol length in the frame so that P_i and N_i provide a one-to-one correspondence. If, additionally, there are L different possible values of N_i , there will also be L different possible values of P_i so that the average transmission power P_i may vary depending on the effective symbol length N_iT of each data transmitting symbol.

With such an arrangement, different service areas may be provided for fixed reception and for mobile reception by selecting different values of the average transmission powers for fixed reception and for mobile reception.

If, in the above embodiment, the value of N_i is selected from A_1, A_2, \dots, A_L and A_{\max} is the largest value of A_1, A_2, \dots, A_L , all the numbers A_1, A_2, A_L may be so selected as to be divisors of A_{\max} that can exactly divide the latter. In other words, if the effective symbol length N_iT is selected from A_1T, A_2T, \dots, A_LT and $A_{\max}T$ is the largest value

of A1T, A2T, . . . , ALT, they are divisors of $A_{max}T$ that can exactly divide the latter.

Then, all the data transmitting symbols can commonly share part of the carrier waves. Therefore, data on carrier phase necessary for coherent demodulation or control data can be transmitted by means of such commonly shared carrier waves.

On the other hand, if M_i that defines the guard interval length can take only a single value, that is, if there are a plurality of values that the effective symbol length NiT can take and the guard interval length MiT can take only a single value, then the layer for fixed reception and that for mobile reception in each transmission frame will perform exactly in a same manner against inter-symbol interference due to multipath.

Finally, the frequencies of the carrier waves for the data transmitting symbols in an OFDM transmission frame may be shifted with a predetermined period and a predetermined frequency interval. More specifically, the frequencies of the carrier waves of data transmission symbols having a relatively few number of carrier waves (or symbols for mobile reception) may be shifted by the frequency interval of the carrier waves of other data transmission symbols having a relatively large number of carrier waves (or symbols for fixed reception) multiplied by an integer.

With such an arrangement, data on carrier phase necessary for coherent demodulation of symbols for fixed reception or data for equalization can be transmitted by means of the carrier waves of symbols for mobile reception.

More specifically, the frequencies may be shifted in a radio frequency band or in a base band. FIGS. 10A and 10B are circuit configurations adapted to the former, whereas FIGS. 11A and 11B illustrates possible arrangements of carrier waves adapted to the latter. The components common to those of FIGS. 6 and 7 are respectively denoted by the same reference symbols.

(1) Frequency Shift in a Radio Frequency Band

FIG. 10A shows a circuit configuration of a transmitter designed for a frequency shift in a radio frequency band. Variable frequency local oscillator 24 shifts the oscillation frequency according to the transmission symbol by means of the frame pulse and the symbol pulse fed respectively from the frame pulse generator 20 and the symbol pulse generator 21 shown in FIG. 6. The frequency converter 19 shown in FIG. 6 can be driven by the shifted oscillation frequency to generate, for each data transmitting symbol, signals having frequencies shifted.

FIG. 10B shows a circuit configuration of a receiver designed for a frequency shift in a radio frequency band. Variable frequency local oscillator 44 shifts the oscillation frequency according to the transmission symbol by means of the frame pulse and the symbol pulse fed respectively from the frame pulse generator 38 and the symbol pulse generator 39 shown in FIG. 7. The frequency converter 32 shown in FIG. 7 can be driven to convert the OFDM signal having an intermediate or radio frequency down to a base band.

(2) Frequency Shift in a Base Band

FIG. 11A shows an arrangement of carrier wave frequencies of symbols for mobile reception. FIG. 11B shows an arrangement of carrier wave frequencies of symbols for fixed reception. In the example shown in FIGS. 11A and 11B, $m=10$ and $n=40$, where m is the number of carrier wave frequencies provided for the mobile-reception symbols, and

n is the number of carrier wave frequencies provided for the fixed-reception symbols.

Numerals 1 to n are assigned to the carrier-wave frequencies at the input of the inverse discrete Fourier transformer provided in the transmitter. The numerals will be referred to as "frequency slot numbers." Further, numerals 1, 2, 3, . . . are assigned to the symbols for data transmission. In the symbol 1 for mobile reception, data is set to the inverse discrete Fourier transformer, in every (n/m) th slot, starting with the slot 1; in the symbol 2, data is set in every (n/m) th slot, starting with the slot 2, and so forth. The inverse discrete Fourier transformer which has n points converts the data to the time domain. A signal having frequencies shifted along the time axis as shown in FIG. 11A is thereby generated.

In the symbols for fixed reception, data are set at all n points of the inverse discrete Fourier transformer, as is illustrated in FIG. 11B. The transformer performs inverse discrete Fourier transform on the data.

On the demodulation side, too, a discrete Fourier transformer having n points is used. After the discrete Fourier transform has been performed, a symbol for mobile reception is demodulated by selecting only the frequency slots which are used in the symbol.

In the embodiment described above, one or more data transmitting symbols for mobile reception which have relatively short effective length and guard interval length may be transmitted at regular time intervals within a frame, as is illustrated in FIG. 12. The embodiment can thereby realize a time interleaving effect against fading in mobile reception. This reduces burst errors and also the memory capacity required for interleaving, than in the case where symbols for mobile reception are transmitted continuously.

The above embodiment may be used for ATM telecommunications where the amount of data to be transmitted can vary as a function of time and also for transmission of data encoded in the form of variable length codes, by modifying the transmission parameters including the effective symbol length, the guard interval length, the number of carrier waves and the modulation techniques for each carrier wave by means of a specific data transmitting symbol to modify the amount of data to be transmitted on a frame basis.

The present invention is not limited to the above embodiment, which may be subjected to various changes and modifications.

Thus, the invention provides an OFDM transmission system that ensures a good reception regardless of the mode of reception and a transmitter and a receiver adapted to such a system.

Additional advantages and modifications will readily occur to those skilled in the art. Therefore, the invention in its broader aspects is not limited to the specific details, and representative devices shown and described herein. Accordingly, various modifications may be made without departing from the spirit or scope of the general inventive concept as defined by the appended claims and their equivalents.

What is claimed is:

1. An orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) transmission system comprising:
 - means for transmitting data in OFDM transmission frames defined by T , positive integers N_i and K_i , and zero or positive integer M_i , wherein T is a time interval of OFDM sampling points, NiT is an effective symbol length, MiT is a guard interval length and K_i is a number of carrier waves of an i -th data transmission symbol in said OFDM transmission frames;

means for arbitrarily selecting values for N_i , M_i and K_i means for determining a ratio K_i/N_iT , wherein said ratio is smaller than a constant value W , W being a positive real number, determined by a bandwidth of a transmission channel of said OFDM transmission system; and means for ordering said data transmitting symbols for transmission so that said data transmitting symbols are transmitted in such an order that the data transmitting symbols having an identical effective symbol length and a guard interval length are continuously arranged on a time base and a number of switching points where two adjacent data transmitting symbols having at least mutually different effective symbol lengths or mutually different guard interval lengths are located is minimized.

2. An orthogonal frequency division multiplexing transmission system according to claim 1, wherein, if the average transmission power of said i -th data transmitting symbol is P_i in said OFDM transmission frame, P_i is determined as a function of N_i so that P_i and N_i provide a one-to one correspondence such that, if there are L different values N_i can take, there are also provided L different values P_i can take.

3. An orthogonal frequency division multiplexing transmission system according to claim 1, wherein, if the value of N_i is selected from a range of numbers defined by A_1 to A_L and A_{max} is the largest value of said numbers in said range, then all said numbers in said range are selected so as to be exact divisors of A_{max} .

4. An orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) transmission system comprising:

means for transmitting data in OFDM transmission frames defined by T , positive integers N_i and K_i , and zero or positive integer M_i , wherein T is a time interval of OFDM sampling points, N_iT is an effective symbol length, M_iT is a guard interval length, and K_i is a number of carrier waves of an i -th data transmission symbol in said OFDM transmission frames;

means for arbitrarily selecting values for N_i , M_i and K_i ; means for determining a ratio K_i/N_iT , wherein said ratio is smaller than a constant value W , W being a positive real number; determined by a bandwidth of a transmission channel of said OFDM transmission system; and

means for ordering said data transmitting symbols for transmission such that said OFDM transmission frames include data transmitting symbols having a relatively long effective symbol length and a relatively long guard interval length for fixed reception, and said OFDM transmission frames include data transmission symbols having a relatively short effective symbol length and a relatively short guard interval length for mobile reception.

5. An orthogonal frequency division multiplexing transmission system according to claim 4, wherein said system is used for digital television broadcasting.

6. An orthogonal frequency division multiplexing transmission system according to claim 4, wherein at least one of said data transmitting symbols having a relatively short effective symbol length and a relatively short guard interval length for mobile reception are transmitted at a predetermined time interval within a transmission frame.

7. An orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) transmission system comprising:

means for transmitting data in OFDM transmission frames defined by T , positive integers N_i and K_i , and zero or positive integer M_i , wherein T is a time interval

of OFDM sampling points N_iT is an effective symbol length, M_iT is a guard interval length, and K_i is a number of carrier waves of an i -th data transmission symbol in said OFDM transmission frames;

means for arbitrarily selecting values of N_i , M_i and K_i ; means for determining a ratio K_i/N_iT , wherein said ratio is smaller than a constant value W , W being a positive real number, determined by a bandwidth of a transmission channel of said OFDM transmission system;

means for transmitting at least part of the data of a specific data transmitting symbol in an OFDM transmission frame, where an effective symbol length N_aT , N_a being a positive integer, a guard interval length M_aT , M_a being zero or a positive integer, and a number of carrier waves K_a , K_a being a positive integer, of said specific data transmitting symbol are known by the receiver along with modulation techniques selected for the carrier waves of said specific data transmission symbol, so that at least part of the data on the effective symbol lengths, the guard interval lengths, the number of carrier waves and the modulation techniques selected for the respective carrier waves of all the data transmitting symbols other than said specific data transmitting symbol in said specific OFDM transmission frame are transmitted from a transmitter to a receiver by said specific symbol; and

means for modifying at least one of said effective symbol length, said guard interval length, said number of carrier waves and the modulation techniques for each OFDM transmission frame by a specific data transmitting symbol on an OFDM transmission frame basis.

8. A method for transmitting data in an orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) transmission system, comprising:

transmitting at least one OFDM transmission frame defined by T , positive integers N_i and K_i , and zero or positive integer M_i , wherein T is a time interval of OFDM sampling points, N_iT is an effective symbol length, M_iT is a guard interval length and K_i is a number of carrier waves of an i -th data transmission symbol in said OFDM transmission frame;

arbitrarily selecting values of N_i , M_i and K_i ;

determining a ratio K_i/N_iT which is smaller than a constant value W , W being a positive real number, determined by a bandwidth of a transmission channel of said transmission system; and

ordering said data transmitting symbols so that said data transmitting symbols are transmitted in such an order that the data transmitting symbols having an identical effective symbol length and a guard interval length are continuously arranged on the time base and a number of switching points where two adjacent data transmitting symbols having at least mutually different effective symbol lengths or mutually different guard interval lengths are located is minimized.

9. A method for transmitting data in an orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) transmission system, comprising:

transmitting at least one OFDM transmission frame defined by T , positive integers N_i and K_i , and zero or positive integer M_i , wherein T is a time interval of OFDM sampling points, N_iT is an effective symbol length, M_iT is a guard interval length and K_i is a number of carrier waves of an i -th data transmission symbol in said OFDM transmission frame;

arbitrarily selecting values of N_i , M_i and K_i ;

13

determining a ratio K_i/N_iT which is smaller than a constant value W , W being a positive real number, determined by a bandwidth of a transmission channel of said OFDM transmission system; and

ordering said data transmitting symbols such that said OFDM transmission frames include data transmitting symbols having a relatively long effective symbol length and a relatively long guard interval length for fixed reception, and said OFDM transmission frames include data transmitting symbols having a relatively short effective symbol length and a relatively short guard interval length for mobile reception.

10. A method for transmitting data in an orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) transmission system, comprising:

transmitting at least one OFDM transmission frame defined by T , positive integers N_i and K_i and zero or positive integer M_i , wherein T is a time interval of OFDM sampling points, N_iT is an effective symbol length, M_iT is a guard interval length and K_i is a number of carrier waves of an i -th data transmission symbol in said OFDM transmission frame;

arbitrarily selecting values of N_i , M_i and K_i ;

determining a ratio K_i/N_iT which is smaller than a constant value W , W being a positive real number, deter-

14

mined by a bandwidth of a transmission channel of said OFDM transmission system;

transmitting at least part of the data of a specific data transmitting symbol in an OFDM transmission frame, where an effective symbol length N_aT , N_a being a positive integer, a guard interval length M_aT , M_a being zero or a positive integer, and a number of carrier waves K_a , K_a being a positive integer, of said specific data transmitting symbol are known by the receiver along with the modulation techniques selected for the carrier waves of the specific symbol, so that at least part of the data on the effective symbol lengths, the guard interval lengths, the number of carrier waves and the modulation techniques selected for the respective carrier waves of all the data transmitting symbols other than said specific data transmitting symbol in said specific OFDM transmission frame are transmitted from a transmitter to a receiver by said specific symbol; and

modifying at least one of said effective symbol length, said guard interval length, said number of carrier waves and said modulation techniques for each OFDM transmission frame by a specific data transmitting symbol on an OFDM transmission frame basis.

* * * * *